

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL EDIFICIO
ADMINISTRATIVO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO Y ALMACENAMIENTO DE
HIDROCARBUROS DE PUERTO SALGAR, PROPIEDAD DE CENIT.

LUIS FERNANDO QUINTANA SERRANO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2020

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL EDIFICIO
ADMINISTRATIVO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO Y ALMACENAMIENTO DE
HIDROCARBUROS DE PUERTO SALGAR, PROPIEDAD DE CENIT.

LUIS FERNANDO QUINTANA SERRANO

MONOGRAFÍA DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR
AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO.

DIRECTOR:
JUAN FELIPE ORTIZ GARCÍA
MAGISTER

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2020

DEDICATORIA.

A Dios

Luisferquinse.

AGRADECIMIENTOS.

El autor de este proyecto manifiesta su más sincero agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de especialización y de la cual siempre he recibido su apoyo.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA.....	19
4.1 MARCO TEÓRICO.....	19
4.1.1 Mantenimiento de edificaciones.	19
4.1.2 Clasificación del mantenimiento de edificaciones.....	19
4.1.3 La vida útil de una edificación.	22
4.2 ESTRUCTURA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.....	23
4.3 GRANDES EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS.....	25
4.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	26
4.5 ESTÁNDARES DE FUNCIONAMIENTO	27
5. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCION DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICACIONES UBICADAS EN ÁREAS OPERATIVAS	29
5.1 ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	29
5.1.1 Dividir la edificación en áreas operativas.	30
5.1.2 Aplicar AMEF a cada área identificada.	30
5.1.3 Determinar cómo impactan las fallas de los sistemas funcionales a las áreas de la edificación.....	32
5.1.4 Identificar la falla de los sistemas funcionales.....	33
5.2 ETAPA 2: IDENTIFICAR EL IMPACTO POR FALLA DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES.....	33
6. ÁREAS DE LA EDIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO PUERTO SALGAR. .	37
6.1 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA AMEF PARA FUNCIONES EJECUTADAS EN LAS ÁREAS DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO.....	38

6.2 IMPACTO O CONSECUENCIA EN ÁREAS DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN LA OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN PUERTO SALGAR.....	39
6.3 DIAGRAMA CAUSA EFECTO	50
6.4 ANÁLISIS DE LA CRITICIDAD DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO.....	51
6.5 PASO 1. DEFINIR EL NIVEL DEL ANÁLISIS.....	52
6.6 PASO 2. DEFINIR LA CRITICIDAD.....	54
6.7 PASO 3, IMPACTO UTILIZANDO MATRIZ RAM.....	59
6.8 PASO 4. SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	61
7. ELABORACIÓN DE PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EDIFICACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUERTO SALGAR.....	62
7.1 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	62
7.2 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACIONES.....	63
7.3 PERMISOS DE TRABAJO Y CERTIFICADOS DE APOYO.....	63
7.4 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACIÓN DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA ESTACIÓN PUERTO SALGAR.	68
7.5 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA ESTACIÓN PUERTO SALGAR	71
7.6 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA UPS O FUENTES DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA.....	74
7.7 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA FALLAS EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.....	78
7.8 PAQUETE DE MANTENIMIENTO CONDENSADORA.....	80
7.9 PAQUETES DE MANTENIMIENTO EVAPORADOR.....	81
7.10 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA FALLAS EN CUBIERTAS.....	81
8. PLANTILLA DE LOS PAQUETES DE MANTENIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUERTO SALGAR.....	84
8.1 PLANTILLA PARA ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.	85
8.2 PLANTILLA PARA MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN, SUBESTACIÓN Y UPS.	86
8.3 PLANTILLA PARA MANTENIMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO.....	87
8.4 PLANTILLA MANTENIMIENTO DE CUBIERTAS.	88

9. CONCLUSIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.	91

LISTADO DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1. Actividades y aportes del objetivo	34
Cuadro 2. Actividades y aportes del objetivo 2.	35
Cuadro 3. Actividades y aportes del objetivo 3.	36
Cuadro 4. Áreas del edificio administrativo de la estación de bombeo de Puerto Salgar.	38
Cuadro 5. AMEF Área Coordinador Estación.	40
Cuadro 6. AMEF Área Gestión HSE.	41
Cuadro 7. AMEF Área confiabilidad.	42
Cuadro 8. AMEF Área Gestión.	43
Cuadro 9. AMEF Área técnico administrativo.	44
Cuadro 10. AMEF Área Líder integral de mantenimiento	45
Cuadro 11. AMEF Área Jefe de Mantenimiento.	46
Cuadro 12. AMEF Área coordinador mantenimiento contratista.	47
Cuadro 13. AMEF Área profesionales de línea.	48
Cuadro 14. Criterios para estimar la frecuencia.	55
Cuadro 15. Categoría de impactos.	56
Cuadro 16. Consolidado para establecer TPEF	58
Cuadro 17. Estimación de categoría impacto de estación Puerto Salgar	59
Cuadro 18. Riesgos para realizar mantenimiento subestación.	64
Cuadro 19. Especificaciones de elementos de protección personal para trabajos con electricidad.	65
Cuadro 20. Especificaciones de herramientas para mantenimiento de subestaciones.	66
Cuadro 21. AMEF subestación edificio administrativo estación Puerto Salgar.	68
Cuadro 22. Actividades de tarea 1, estándar subestación Puerto Salgar.	69
Cuadro 23. Actividades de tarea 2, estándar subestación Puerto Salgar.	70
Cuadro 24. Revisión de iluminación local y de emergencia.	71

Cuadro 25. AMEF sistema iluminación edificio administrativo estación Puerto Salgar.	72
Cuadro 26. Mantenimiento de sistema de iluminación tarea 1.	73
Cuadro 27. Mantenimiento de sistema de iluminación tarea 2.	74
Cuadro 28. AMEF sistema de alimentación ininterrumpida de la estación Puerto Salgar.	76
Cuadro 29. Mantenimiento de sistema de alimentación ininterrumpida UPS tarea 1.	77
Cuadro 30. Mantenimiento de sistema de alimentación ininterrumpida UPS tarea 2.	78
Cuadro 31. AMEF sistema de aire acondicionado de la estación Puerto Salgar. ...	79
Cuadro 32. Mantenimiento equipos de aire acondicionado, tarea 2.	81
Cuadro 33. AMEF cubiertas de la estación Puerto Salgar.	82
Cuadro 34. Mantenimiento cubiertas, tarea 2.	83

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación del mantenimiento de edificaciones.....	20
Figura 2. Clasificación del mantenimiento por zonas.	21
Figura 3. Otras posibles clasificaciones del mantenimiento.	21
Figura 4. Vida útil de una edificación.....	22
Figura 5. Información para realizar un plan de mantenimiento.....	23
Figura 6. Estructura para organizar un plan de mantenimiento.....	25
Figura 7. Estándares de funcionamiento.....	28
Figura 8. PHVA Aplicado en el mantenimiento del edificio administrativo.	29
Figura 9. Objetivos de un AMEF.....	31
Figura 10. Equipo del edificio administrativo de la estación puerto salgar.	37
Figura 11. Objetivos de un AMEF.....	39
Figura 12. Impacto RAM Sistema eléctrico.....	49
Figura 13. Impacto RAM Aire acondicionado.....	49
Figura 14. Impacto RAM cubiertas.	50
Figura 15. Diagrama causa efecto.....	51
Figura 16. Niveles del análisis de criticidad.	53
Figura 17. Fallas en cielos rasos y goteras por deterioro en cubierta.....	54
Figura 18. Causa efecto de las fallas en el sistema eléctrico.	57
Figura 19. Causa efecto de las fallas en las cubiertas.	57
Figura 20. Causa efecto de las fallas en el sistema de Aire Acondicionado.....	57
Figura 21. Reunión con expertos para determinar TPEF.....	58
Figura 22 Impacto RAM Sistema eléctrico.....	60
Figura 23. Impacto RAM Aire acondicionado.....	60
Figura 24. Impacto RAM cubiertas.	61
Figura 25. Aspectos a evaluar en los paquetes de mantenimiento.	62
Figura 26. Permiso de trabajo para mantenimiento subestación.	67

Figura 27. Certificado de apoyo para aplicación de SAES.	75
Figura 28. Plantilla de mantenimiento preventivo del edificio administrativo.	84
Figura 29. Plantilla para mantenimiento del sistema eléctrico.....	85
Figura 30. Plantilla sistema eléctrico iluminación.	87
Figura 31. Plantilla sistema de aire acondicionado.	88
Figura 32. Opción para ingresar a información de mantenimiento de cubiertas. ...	89

RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO Y ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS DE PUERTO SALGAR, PROPIEDAD DE CENIT. *

AUTOR: LUIS FERNANDO QUINTANA SERRANO **

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, confiabilidad, criticidad, AMEF, peligro, riesgo.

DESCRIPCIÓN: Este documento presenta el desarrollo de un plan de mantenimiento para el edificio administrativo de la estación de Puerto Salgar propiedad de CENIT. Para ello se analizaron cada una de las áreas con el fin de establecer la criticidad de ellas y lograr determinar cuáles son las causas que originan que no se logren desarrollar allí actividades y establecer las acciones de mantenimiento. Posterior a esto, se diseñaron los paquetes de mantenimiento que contienen los análisis de modo y efecto de fallas para el sistema eléctrico, aire acondicionado y de cubiertas. Finalmente, con la plantilla de Excel se logra centralizar toda la información con el fin de estandarizar las actividades de mantenimiento planteadas.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Director: MSc. Juan Felipe Ortiz García.

ABSTRACT

TITLE: PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR THE ADMINISTRATIVE BUILDING OF THE PUERTO SALGAR HYDROCARBON PUMPING AND STORAGE STATION, OWNED BY CENIT.*

AUTOR: LUIS FERNANDO QUINTANA SERRANO **

KEY WORDS: Maintenance, reliability, criticality, AMEF, danger, risk.

DESCRIPTION This document presents the development of a maintenance plan for the administrative building of the port station leave owned by CENIT. For this, we analyzed each of the areas in order to establish the criticality of them and to determine what are the causes that originate that they are not able to develop activities there and establish maintenance actions. After this, maintenance packages were designed that contain the mode and effect analysis of failures for the electrical system, air conditioning and decks. Finally, with the Excel template it is possible to centralize all the information in order to standardize the activities of maintenance raised.

* Degree work

** Physical-mechanical Engineering faculty. Mechanical Engineering School. Director: Msc. Juan Felipe Ortíz García.

INTRODUCCIÓN

Durante la etapa de investigación del proyecto se identificó la problemática con respecto a la deficiencia en las actividades de mantenimiento del edificio administrativo de la estación de Puerto Salgar. Por esta razón surge la necesidad de desarrollar una metodología que permita establecer un programa de mantenimiento preventivo a cualquier edificación ubicada en un área industrial, lo que permitirá minimizar riesgos a las personas que la habitan, conservar la infraestructura en condiciones óptimas, identificar las posibles fallas y optimizar los costos por mantenimientos tardíos y altamente intrusivos. Pensando en esto, se plantea como objetivo general, desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el edificio administrativo de la estación de bombeo y almacenamiento de hidrocarburos de Puerto Salgar, propiedad de CENIT.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CENIT Transporte y Logística de Hidrocarburos (en adelante Cenit), es responsable de la operación y mantenimiento de la infraestructura de transporte en el país. Actualmente está compuesta por 2 vicepresidencias operativas, las cuales tienen a su cargo la operación y el mantenimiento de más de 8.000 km. de oleoductos y poliductos, por medio de los cuales se transporta petróleo y sus productos derivados (refinados) respectivamente; el petróleo se transporta desde los centros de producción hasta las refinerías y/o puertos de exportación y los productos refinados como gasolina motor, diésel y gasolina de avión, desde los puertos de importación o refinerías hasta los centros de distribución. De igual forma cuenta con 55 estaciones de bombeo, rebombeo, almacenamiento y entrega a clientes, las cuales son parte fundamental de toda la cadena de transporte.

Estas instalaciones están conformadas por áreas operativas como casas de máquinas, subestaciones, patios de tanques, áreas administrativas, entre otros, donde se localizan edificaciones en las cuales se desarrollan actividades operativas, administrativas, de mantenimiento y de almacenamiento, que hacen posible el desarrollo de la operación del segmento de transporte.

En la actualidad, Cenit no cuenta con un programa de mantenimiento periódico de edificaciones, que permita de manera preventiva conservar los elementos (red de

hidráulica, red sanitaria, instalaciones eléctricas, estructura, cimientos, pisos, cubiertas, cielos rasos, entre otras) y de esta manera evitar la ocurrencia de fallas en las estructuras y alargar la vida útil de estas obras.

En relación con lo anterior se plantea la siguiente cuestión ¿Cómo lograr desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el edificio administrativo de la estación de bombeo y almacenamiento de hidrocarburos de Puerto Salgar, propiedad de CENIT? El proyecto propuesto da solución al problema planteado ya que elaborará un plan de mantenimiento preventivo para una edificación ubicada en el área administrativa y su aplicación en un caso práctico como el edificio administrativo de la planta Puerto Salgar.

2. JUSTIFICACIÓN

Las edificaciones hacen parte esencial de los activos fijos de la compañía, los cuales a diario son habitados por cientos de personas más de 12 horas al día, incluso las 24 horas del día los 365 días del año, allí se desarrollan actividades esenciales de la operación de transporte de hidrocarburos. Por esta razón se debe garantizar que cada elemento que compone estas edificaciones se encuentre en las condiciones para las cuales fue diseñado, garantizando la seguridad de las personas, su operación y minimizando los riesgos de afectación a las actividades que se desarrollan en la edificación. Actualmente CENIT no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo para las edificaciones ubicadas en las estaciones de transporte y almacenamiento de hidrocarburos, lo que significa que aumenta la probabilidad de que cada elemento que compone el edificio sea llevado a falla, lo que genera mayores costos por reparaciones tardías. Lo anterior significa que se impone la estrategia de mantenimiento correctivo. Desde esta perspectiva surge la necesidad de desarrollar una metodología que permita establecer un programa de mantenimiento preventivo a cualquier edificación ubicada en un área industrial, lo que permitirá minimizar riesgos a las personas que la habitan, conservar la infraestructura en condiciones óptimas, identificar las posibles fallas y optimizar los costos por mantenimientos tardíos y altamente intrusivos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el edificio administrativo de la estación de bombeo y almacenamiento de hidrocarburos de Puerto Salgar, propiedad de CENIT.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las áreas que conforman la edificación del edificio administrativo Puerto Salgar, para realizar el análisis de modo y efecto de falla de cada una de ellas, mediante árboles causa efecto.
- Elaborar los paquetes de mantenimiento del sistema eléctrico, aire acondicionado y cubiertas, para el edificio administrativo de la estación Puerto Salgar, realizando el análisis de modo y efecto de falla de cada uno y actividades de mantenimiento preventivo.
- Realizar una plantilla, para incorporar las actividades de mantenimiento preventivo y análisis de riesgos, utilizando Microsoft Excel.

4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA

4.1 MARCO TEÓRICO

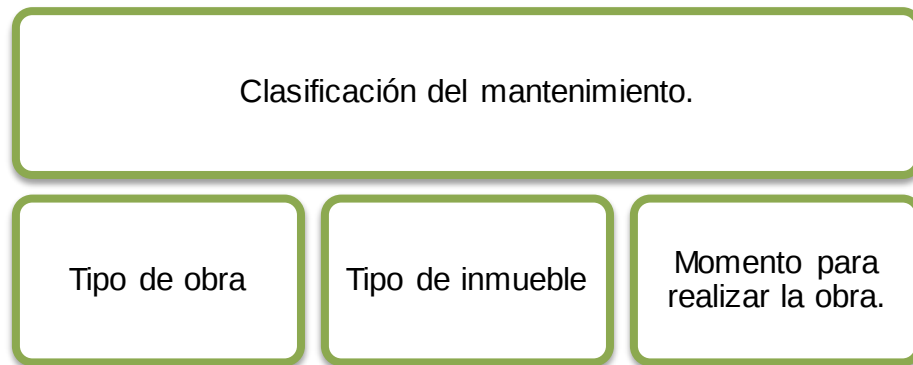
4.1.1 Mantenimiento de edificaciones. El concepto de mantenimiento es posible resumirlo como conjunto de operaciones y cuidados con el ánimo de garantizar su continuo funcionamiento¹. Las actividades de mantenimiento se fundamentan en aumentar la vida útil de una instalación con el ánimo de optimizar la inversión que fue realizada. Las características del mantenimiento y de las reparaciones están en función de la tipología de la edificación en sí y están estrechamente relacionadas con la época de construcción y de los materiales que se emplearon en su ejecución.

4.1.2 Clasificación del mantenimiento de edificaciones. Para autores como (Babé, 1986) el mantenimiento se puede clasificar en tres factores como se presenta en la figura 1, que son el tipo de obra, tipo de inmueble y momento en que se realiza la obra².

¹ Fernández, Juan Miguel. Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. Cuba. Revista de Arquitectura e ingeniería, 2007. p. 1-8.

² Babé Ruano, Manuel: Mantenimiento y Reconstrucción de Edificios. Cuba. Universidad de la Habana. 1986. p. 15.

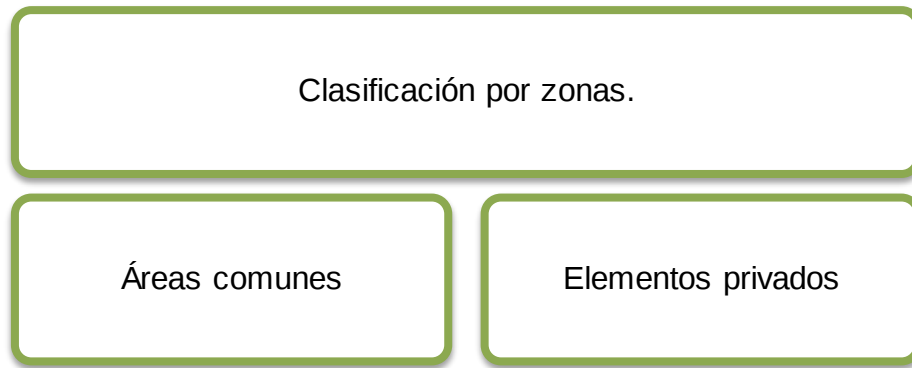
Figura 1. Clasificación del mantenimiento de edificaciones.



Según el tipo de obra, el mantenimiento se puede clasificar en: obras nuevas, el cual debe realizarse apenas termina la construcción, y obras viejas, que se realiza para eliminar defectos existentes. Según el propietario del inmueble el mantenimiento puede ser: privado el cual es realizado por el dueño, y mantenimiento estatal el cual es realizado por el estado. Y de acuerdo con el tiempo se podría clasificar en preventivo el cual incluye actividades de inspección, y correctivo para evitar deterioros. Los trabajos de mantenimiento pueden clasificarse en función de la zona en la cual van a realizarse³ (ver figura 2).

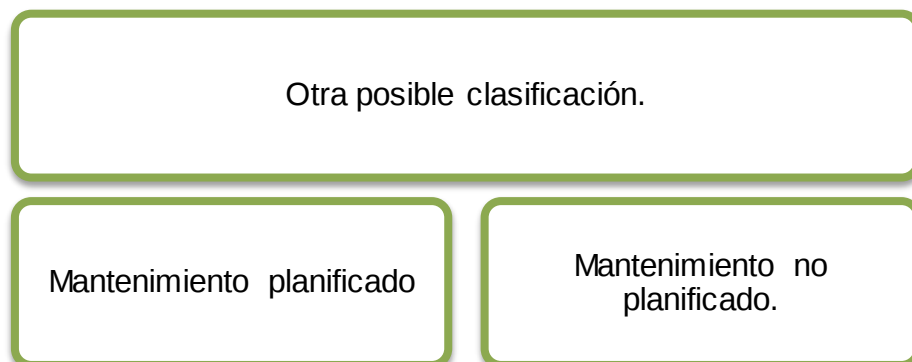
³ Quintero Isabel, Solano Carlos, Iozano Arturo. La degradación y el mantenimiento en las obras de edificación: estudio de caso institución educativa Antonio DERKA Santo Domingo. Colombia. 2013. p. 15.

Figura 2. Clasificación del mantenimiento por zonas.



Los costos de ampliación y modernización pueden oscilar entre el 50% y 60% del costo total de la edificación. Otra posible clasificación de los tipos o sistemas de mantenimiento atendiendo a la periodicidad de la aplicación de este, se puede observar en la figura 3.

Figura 3. Otras posibles clasificaciones del mantenimiento.



4.1.3 La vida útil de una edificación. La vida útil de una edificación está estrechamente relacionada con el mantenimiento de esta. Con el ánimo de garantizar las condiciones de calidad requeridas, en la figura 4 se indica los tres parámetros fundamentales existentes:

Figura 4. Vida útil de una edificación.



Conocer la vida útil propuesta para cada elemento de la construcción permitirá estimar la vida útil de la edificación y con ello determinar las inspecciones y los ciclos de mantenimiento que cada elemento del edificio deberá recibir en función de sus características, ubicación, materiales, etc., por tanto, es posible correlacionar la vida útil de los elementos con la vida útil de la edificación, además, este concepto, unido a la conciencia política de que son esenciales los recursos para mantenimiento y reparación favorecerá la conservación en condiciones óptimas del patrimonio construido⁴.

⁴ Casanovas Xavier, Tejera Pedro. 2003. Mantenimiento y Gestión de Edificios. [Libro en línea]. Disponible desde internet en.

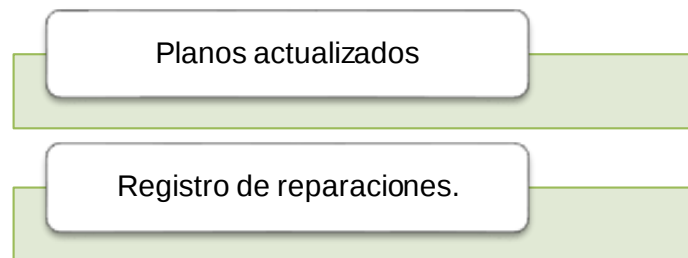
4.2 ESTRUCTURA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

Esto hace referencia a establecer procedimientos normalizados para administrar acciones, preventivas o correctivas⁵. Para que esto sea efectivo se deben cumplir los siguientes aspectos⁶ :

- Las acciones de mantenimiento deben ser continuas.
- Los sistemas del edificio deben ser monitoreados y documentados continuamente.

Según lo indica la figura 5, el primer paso para planear un plan de mantenimiento de un edificio es conocer su uso y los elementos con los que está compuesto por es decir planos actualizados y registros de reparaciones.

Figura 5. Información para realizar un plan de mantenimiento.



Fuente: (Matulionis & Freitag, 1990).

[http://www.cujae.edu.cu/facultades/arquitectura/PROFESORES/Mantenimiento%20y%20Gesti%F3n%20de%20edificios \(TEJERA\).doc](http://www.cujae.edu.cu/facultades/arquitectura/PROFESORES/Mantenimiento%20y%20Gesti%F3n%20de%20edificios%20(Tejera).doc).

⁵ Salazar Pablo. 2009. Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. p. 8.

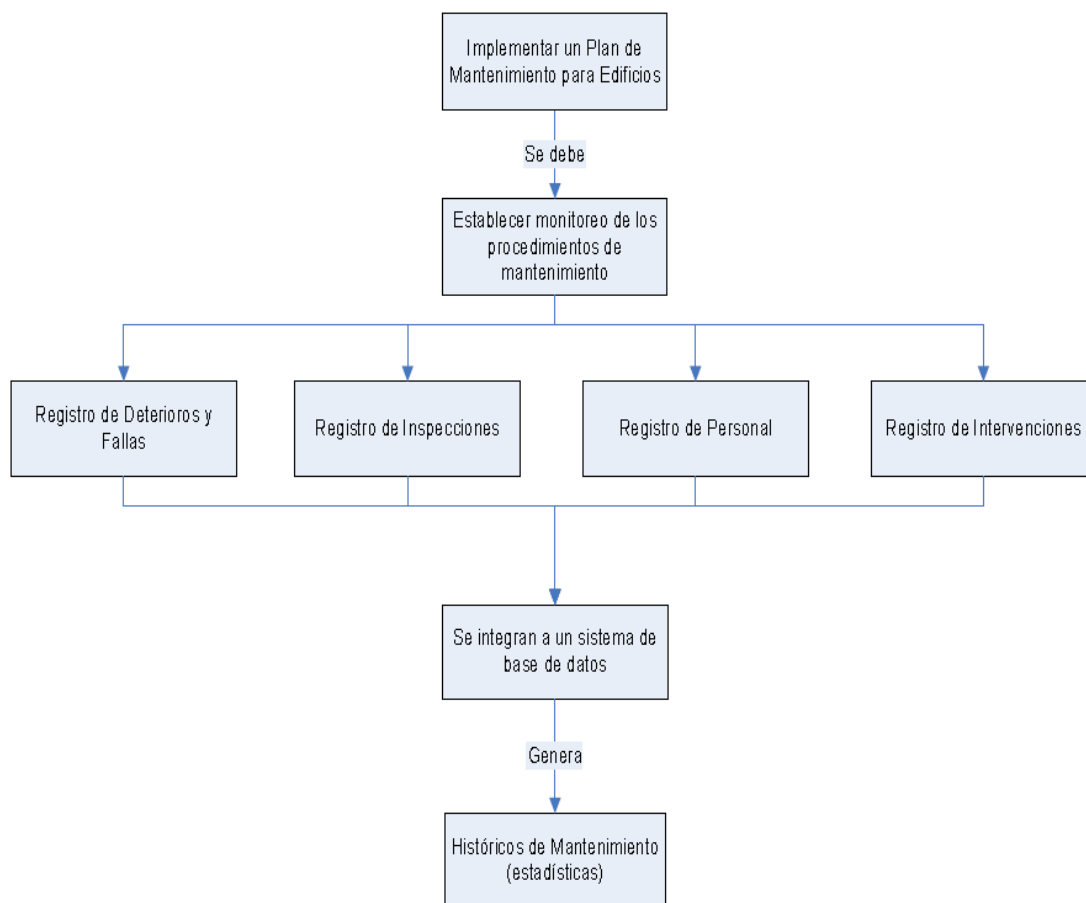
⁶ Matulionis, R & Freitag, J. 1990. PREVENTIVE MAINTENANCE OF BUILDINGS. Nueva York. Editorial Van Nostrand Reinhold, p. 326.

Los cinco puntos citados a continuación son claves y deben especificarse en las inspecciones, esto con el ánimo de mantener un registro exitoso.

- La frecuencia con la que un edificio debe inspeccionarse.
- Los elementos que deben inspeccionarse.
- El tipo de mantenimiento por realizar como resultado de la inspección.
- El grado de deterioro de un elemento en el cual debe ser reparado.
- El grado de deterioro en el cual un elemento debe ser sustituido.

En la figura 6 presenta un diagrama de flujo, el cual describe el procedimiento funcional del plan de mantenimiento, el cual debe incluir registro de deterioros y fallas, registros de inspección, registro de personal, registro de intervenciones y debe estar integrado en un sistema de base de datos.

Figura 6. Estructura para organizar un plan de mantenimiento.



Fuente: Salazar Pablo. 2009. Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. p. 8.

4.3 GRANDES EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS

En este caso establece que la atención de edificios administrativos comprende dos partes⁷:

⁷ Canolli Juan. 2007. Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas. Argentina. p.27.

- Los que origina el personal propio y el público usuario concurrente.
- Las originadas por el edificio (seguridad, antigüedad, etc.)

En el caso de averías es necesario estudiar la causa que la ha producido, con el fin de establecer medidas para evitar que vuelva a ocurrir, estas dependen de dos factores⁸.

- Urgencia e importancia.

4.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Este hace referencia a un proceso que busca asegurar que cualquier activo físico continúe prestando su función⁹. Para realizar este proceso se formulan las siete preguntas indicadas a continuación:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿Cuáles son las fallas que impiden que se realicen las funciones?
- ¿Qué causa la falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?

⁸ Jiménez Francisco, Robledillo Víctor, Pérez Joaquín. 2013. Mantenimiento y mejora de las instalaciones en los edificios ENAC0108. España. IC Editorial. [Libro en línea]. Disponible desde internet en <https://books.google.com.co/books?id=1iBHDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Mantenimiento+y+mejora+de+las+instalaciones+en+los+edificios+ENAC0108&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjaj-zkos3rAhWDjVkkHSghDaoQ6AEwAHoECAUQAg#v=onepage&q=Mantenimiento%20y%20mejora%20de%20las%20instalaciones%20en%20los%20edificios%20ENAC0108&f=false>.

⁹ Moubray John. 1991. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. USA, Aladon LLC. p.7.

- ¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir la falla?
- ¿Qué se debe hacer si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Es importante señalar que cuando se habla de mantenimiento se hace referencia a la función empresarial en la cual se supervisa el control del estado de las instalaciones de todo tipo, por esta razón se divide en estas actividades:

- Prevenir y/o corregir averías.
- Cuantificar el estado de las instalaciones¹⁰.

Cuando se habla de mantenimiento integral se hace referencia a un proceso sistemático que permite asegurar el eficiente desempeño de los activos¹¹. Para lograr esto es importante contar con suministro de repuestos, elementos consumibles, equipos de prueba, herramientas, personal capacitado, instalaciones y talleres de mantenimiento, manuales y datos técnicos¹².

4.5 ESTÁNDARES DE FUNCIONAMIENTO

Esto hace referencia a las ventanas operativas en las cuales debe operar el equipo como se observa en la figura 7, estos pueden ser¹³:

¹⁰ Navarro Juan. 2004. Técnicas de Mantenimiento Industrial. Calpe Institute Technology. p.1.

¹¹ Chaves Adrián. La Gestión de Mantenimiento: Un Enfoque Completo de Calidad. Disponible en internet desde <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/PonenciaChaves.pdf>>.

¹² Sanclemente Jorge, Alvarado Leonardo. 2010. Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución. Universidad Politecnica Salesiana. Ecuador. p. 21.

¹³ Alvares Lyda. 2010. Metodología RCM aplicada a transformadores de potencia. Universidad Industrial de Santander. p.13.

- Múltiples: Debe cumplirse más de uno a la vez.
- Cuantitativos: Se describe con cifras cantidades específicas.
- Cualitativos: No es posible usar un número para indicar lo que se desea.
- Absolutos: La situación no permite tener un estándar.

Figura 7. Estándares de funcionamiento.

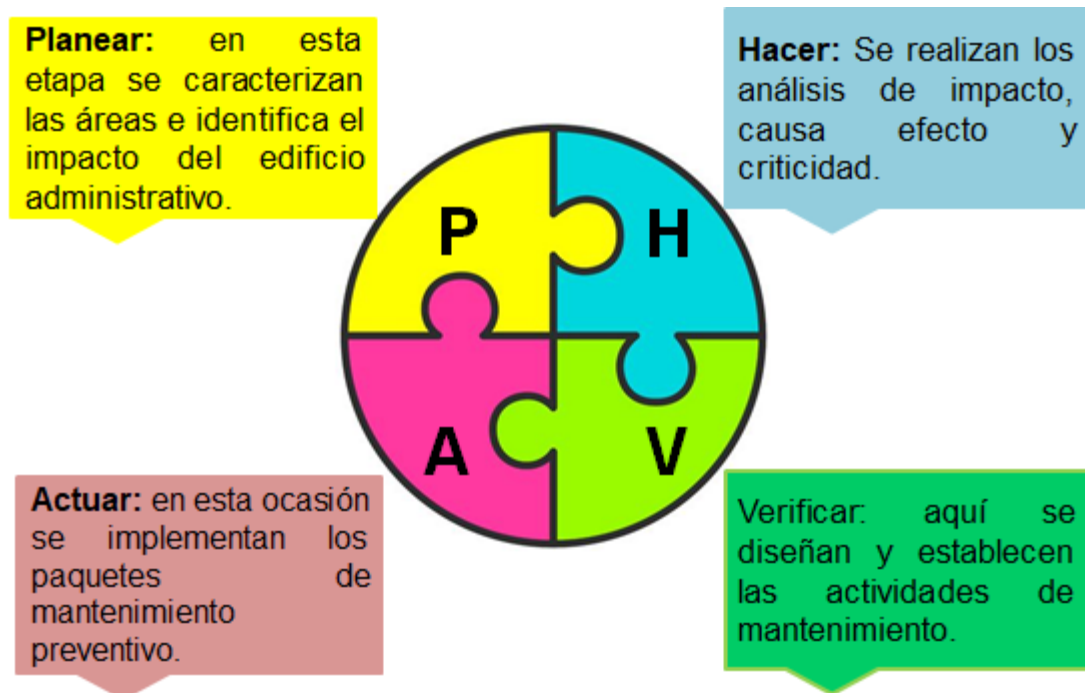


Fuente: Moubray Jhon. 2004. Mantenimiento centrado en confiabilidad II. Aladon LLC. Carolina del Norte. p. 432.

5. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCION DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICACIONES UBICADAS EN ÁREAS OPERATIVAS

A partir del planteamiento del problema y el análisis de la literatura presentada en el capítulo 4, fue posible integrar conceptos claves de edificación, metodologías de mantenimiento y el ciclo PHVA para desarrollar la metodología que se propone a continuación. En la figura 8 se logra apreciar cómo se incluye la metodología dentro del ciclo PHVA.

Figura 8. PHVA Aplicado en el mantenimiento del edificio administrativo.



5.1 ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

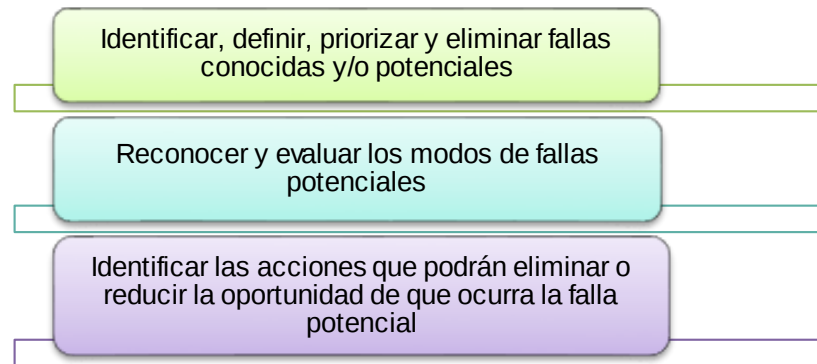
Esta etapa permite caracterizar cada edificación, por medio de la identificación de las áreas funcionales que conforman la edificación, determinar que sistemas son

más críticos para el desarrollo de las actividades o habitad y finalmente los riesgos, impactos y consecuencias sobre las personas, el medio ambiente y la operación de la instalación industrial.

5.1.1 Dividir la edificación en áreas operativas. Esta actividad permite integrar el concepto de organización y la funcionalidad del edificio, cada área contiene una persona o grupo de personas que desempeñan un cargo del organigrama organizacional, afectar el desempeño y desarrollo de las funciones de uno de estos cargos explícitamente significa afectar el desempeño de la organización. Conocer como cada área es afectada por un determinado sistema funcional (eléctrico, mecánico, etc.) y su impacto sobre las personas, el medioambiente o la infraestructura permite organizar y priorizar las áreas y los sistemas funcionales que deben ser analizados e intervenidos.

5.1.2 Aplicar AMEF a cada área identificada. Una vez se han identificados las áreas de las cuales dispone una edificación, se debe realizar el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) para las funciones que se ejecutan ejecutadas cada área, por medio de esta metodología (Ver Figura 9) es posible identificar las fallas potenciales que pueden afectar la instalación, y eliminar o minimizar el riesgo asociado a cada falla, de esta forma el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado.

Figura 9. Objetivos de un AMEF.



El análisis permite evaluar las condiciones del área que evitaren el cumplimiento de las funciones desarrolladas en los diferentes lugares de la edificación para determinar la criticidad de cada modo de falla encontrado y desarrollar las acciones preventivas que minimicen la posibilidad de una ocurrencia de falla, el análisis debe tener en cuenta:

- Cargo que desarrolla su trabajo en el área.
- Función del cargo.
- La falla funcional.
- El modo de falla
- El efecto de la falla.

A partir de realizar el AMEF, se deben clasificar por orden los sistemas más críticos para la edificación y determinar que sistemas deben ser intervenidos; idealmente, sería importante intervenir todos los sistemas funcionales, pero en muchas

ocasiones por criticidad, costos, presupuesto y otras condiciones organizacionales o de mercado se debe dar prioridad solo a los más críticos. Como una planeación a mediano y largo plazo se puede construir un plan de intervención para los sistemas que no pudieron ser intervenidos. Los sistemas funcionales los podemos clasificar en:

- Sistema eléctrico
- Sistema de aires acondicionados.
- Sistema o red de acueducto.
- Sistema o red de alcantarillado.
- Sistema o red de gas (Natural o GLP) en instalaciones que aplique.
- Sistema de o red contraincendios.
- Sistema de domótica.
- Sistema fotovoltaico (paneles solares).
- Sistema o red de datos.
- Sistema de cubiertas.
- Sistema de estructuras metálicas (escaleras, estructuras de cubierta).

Una metodología para clasificar los sistemas de mayor criticidad.

5.1.3 Determinar cómo impactan las fallas de los sistemas funcionales a las áreas de la edificación. Tal como se indica en el punto anterior, lo ideal es realizar este análisis para cada sistema funcional, un aspecto fundamental es aplicar la

metodología a los sistemas críticos para minimizar en el menor tiempo posible los riesgos para las personas, el medio ambiente y la infraestructura. Existen diferentes metodologías que pueden ser utilizadas para esto es posible desarrollar AMEF y diagramas causa efecto dado permiten identificar funciones y fallas funcionales y adicional a ello se logra determinar la causa raíz de la falla.

5.1.4 Identificar la falla de los sistemas funcionales. El objetivo de este paso es determinar por qué fallan los sistemas funcionales y cuál es la frecuencia de las fallas y su consecuencia en la funcionalidad de la edificación y de los trabajos que se realizan en su interior. Para identificar las fallas se pueden realizar talleres para desarrollar los AMEF y elaborar los diagramas causa y efecto, específicos a cada sistema, también es posible apoyarse en análisis realizados en otras áreas u organizaciones a sistemas funcionales similares, de estos análisis se debe identificar:

1. Causas y efectos de las fallas.
2. Determinar el tiempo promedio entre fallas (TPEF)

5.2 ETAPA 2: IDENTIFICAR EL IMPACTO POR FALLA DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES

Antes de entrar a detallar el desarrollo de este trabajo es necesario establecer cuál será la metodología para alcanzar los objetivos propuestos, en la tablas 1, 2 y 3 se

describen las actividades a ejecutar y el aporte de esta tesis de grado en la ejecución del mantenimiento para el edificio administrativo de la estación Puerto Salgar propiedad de CENIT.

Cuadro 1. Actividades y aportes del objetivo

Objetivo.	Actividades.	Aporte.
Identificar las áreas que conforman la edificación y determinar su impacto en la estación de bombeo de Puerto Salgar.	AMEF para cada una de las áreas de la edificación.	Identificación de funciones, fallas funcionales y controles.
	Impacto y consecuencias de las fallas.	Desarrollo de un diagrama causa efecto donde se relacionan las fallas con el sistema eléctrico, de aire acondicionado y cubiertas.
	Análisis de criticidad	Identificar los niveles de análisis. Evaluar la criticidad de cada área. Determinar el impacto mediante la matriz RAM.

Cuadro 2. Actividades y aportes del objetivo 2.

Objetivo.	Actividades.	Aporte.
Diseñar un paquete de trabajo para llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo del edificio administrativo de la estación de bombeo de Puerto Salgar.	Desarrollar los paquetes de mantenimiento del sistema eléctrico.	Identificar los peligros y los controles según lo establece la norma NFPA 70E. Identificar las características de los elementos de protección personal según la NFPA 70E. Identificar la función y fallas funcionales en la subestación. Establecer las actividades de mantenimiento preventivo que buscan evitar la aparición de las fallas identificadas en el AMEF.
	Desarrollar los paquetes de mantenimiento del sistema de aire acondicionado.	Identificar de funciones y fallas funcionales de los equipos de aire acondicionado. Establecer las actividades de mantenimiento para los evaporadores y condensadoras.
	Desarrollar los paquetes de mantenimiento para las cubiertas.	Identificar los peligros y controles durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento. Desarrollar un plan de inspección para cubiertas.

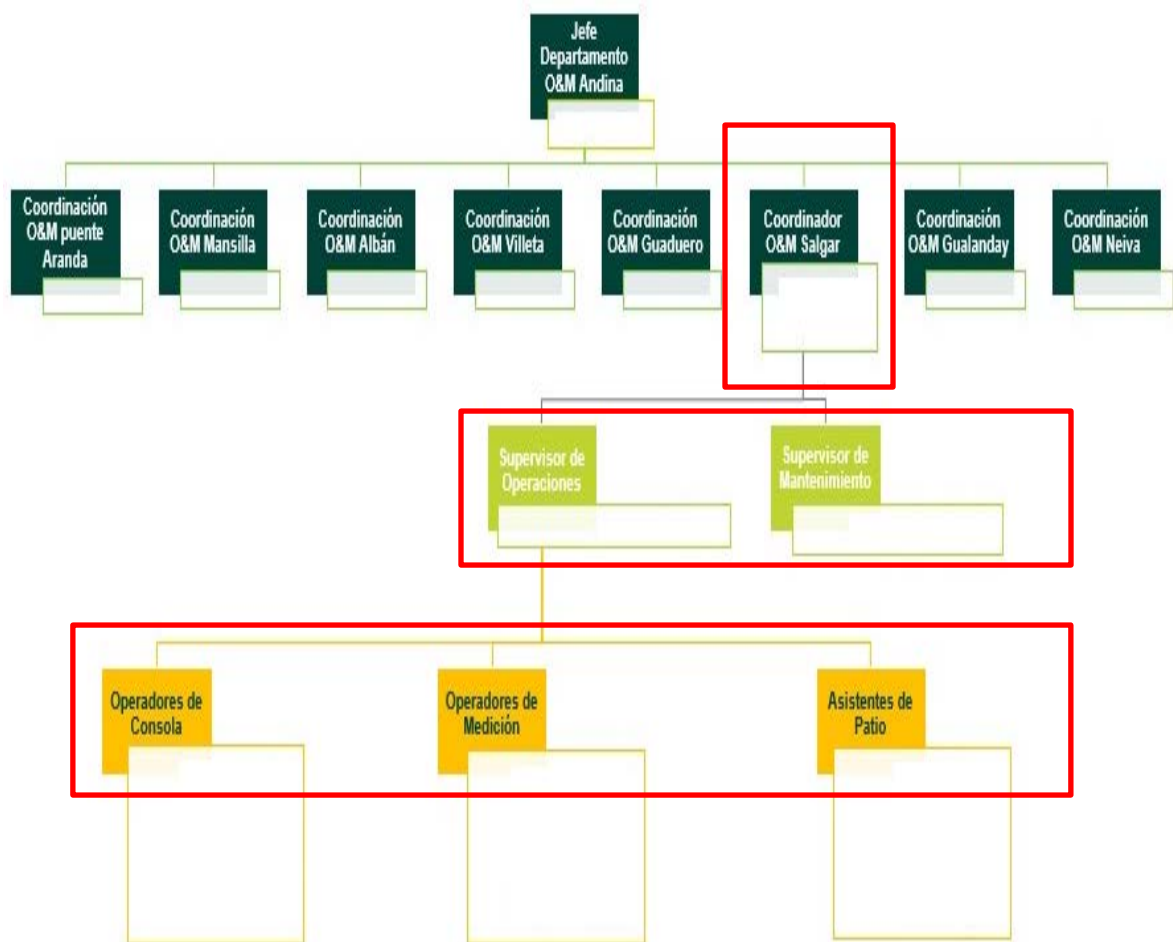
Cuadro 3. Actividades y aportes del objetivo 3.

Objetivo.	Actividades.	Aporte.
Elaborar el paquete de mantenimiento que integre las actividades de mantenimiento preventivo de la edificación, para estandarizar la ejecución de las actividades.	Elaborar plantilla para actividades de mantenimiento	Estandarizar las actividades de mantenimiento de los sistemas eléctrico, aire acondicionado y cubiertas.
	Plantilla de mantenimiento del sistema eléctrico.	Estandarizar las actividades de mantenimiento para subestaciones, UPS y sistemas iluminación.
	Plantilla de mantenimiento de aire acondicionado.	Estandarizar las actividades de mantenimiento de evaporadores y condensadores.
	Plantilla de mantenimiento cubiertas.	Identificar las actividades de inspección para detectar obstrucción de desagües, deformaciones en áreas de la cubierta, levantamiento de sellos de poliuretano.

6. ÁREAS DE LA EDIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO PUERTO SALGAR.

El edificio administrativo de la estación de bombeo de Puerto Salgar está compuesto por diferentes áreas las cuales a continuación se describen y se identifica el impacto que estas tienen. En la figura 10 se presenta de manera general las áreas donde se encuentra las personas indicadas en la tabla 4.

Figura 10. Equipo del edificio administrativo de la estación puerto salgar.



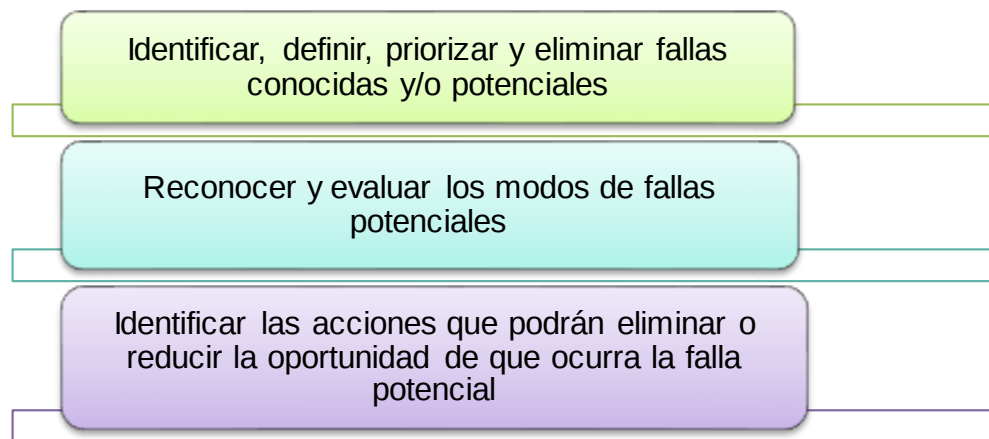
Cuadro 4. Áreas del edificio administrativo de la estación de bombeo de Puerto Salgar.

Área	Número de personas
Coordinador estación	1
Gestión - HSE	2
Confiabilidad	1
Gestión	1
Técnico administrativo	1
Líder integral de mantenimiento	1
Jefe de mantenimiento	1
Coordinador de mantenimiento – Contratista.	1
Profesionales de línea – Contratistas.	3

6.1 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA AMEF PARA FUNCIONES EJECUTADAS EN LAS ÁREAS DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO.

Una vez se han identificados las áreas de las cuales dispone el edificio administrativo de la estación Puerto Salgar, se realizarán una serie de AMEFs, cuyas funciones son las indicadas en la figura 11; ya que a través de estos es posible identificar una serie de fallas potenciales en la instalación y cuyo propósito es eliminarlas o minimizar el riesgo asociado a las mismas, de esta forma el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado.

Figura 11. Objetivos de un AMEF.



6.2 IMPACTO O CONSECUENCIA EN ÁREAS DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN LA OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN PUERTO SALGAR

El análisis que se desarrollara a continuación evalúa las condiciones del área que evitaban el cumplimiento de las funciones desarrolladas en los diferentes lugares del edificio administrativo que será el impacto, esto con el ánimo de evaluar posteriormente la criticidad de los de cada uno de los modos de falla encontrados con el ánimo de desarrollar acciones preventivas que minimicen la posibilidad de la ocurrencia de una falla. En la tabla 5 se presenta el AMEF elaborado para el área del coordinador de estación, teniendo en cuenta función, falla funcional, modo de falla y efecto de falla.

Cuadro 5. AMEF Área Coordinador Estación.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Coordinar actividades operativas, manejo de clientes, aliados, filiales	No coordinar actividades operativas, manejo de clientes, aliados, filiales	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina del coordinador Estación.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Como se observa en las tablas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, los modos de falla y los efectos de falla son los mismos dado que todas las personas desarrollan sus actividades dentro del mismo edificio administrativo, por esta razón se entra a

evaluar la criticidad del sistema eléctrico, aire acondicionado y cubiertas y cielos rasos como se verá más adelante.

Cuadro 6. AMEF Área Gestión HSE.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Realizar seguimiento, gestión e impartir lineamientos relacionados con los que se puedan generar en la estación producto de las operaciones.	No realizar seguimiento, gestión e impartir lineamientos que se puedan generar en la estación producto de las operaciones.	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina del Gestión HSE.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Cuadro 7. AMEF Área confiabilidad.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Realizar seguimiento y planes de conservación de los equipos rotativos de la planta.	No realizar seguimiento y planes de conservación de los equipos rotativos de la planta.	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina del Confiabilidad.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Cuadro 8. AMEF Área Gestión.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Impartir lineamientos de diagnóstico y conservación de la infraestructura estática (Líneas y tanques)	No impartir lineamientos de diagnóstico y conservación de la infraestructura estática (Líneas y tanques)	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina de Gestión.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Cuadro 9. AMEF Área técnico administrativo.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Realizar el apoyo administrativo al departamento, comunicados, derecho de petición	No realizar el apoyo administrativo al departamento, comunicados, derecho de petición	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina del Técnico administrativo.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Cuadro 10. AMEF Área Líder integral de mantenimiento

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Realizar control operativo de la estación, verificación de la programación de bombeo.	No realizar control operativo de la estación, verificación de la programación de bombeo.	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina del Líder integral de mantenimiento.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Cuadro 11. AMEF Área Jefe de Mantenimiento.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Gestionar todo el mantenimiento de la estación mantenimiento preventivo, correctivo de todos los equipos estáticos y rotativos	No gestionar todo el mantenimiento de la estación mantenimiento preventivo, correctivo de todos los equipos estáticos y rotativos	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina del Jefe de Mantenimiento.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Cuadro 12. AMEF Área coordinador mantenimiento contratista.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Gestionar el mantenimiento del equipo estático de la estación (Líneas y tanques).	No gestionar el mantenimiento del equipo estático de la estación (Líneas y tanques).	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina del coordinador Mantenimiento contratista.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

Cuadro 13. AMEF Área profesionales de línea.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Planear atender todo el mantenimiento preventivo y correctivo de equipo estático dentro de la estación y por todos los derechos de vías por donde se extiende la tubería	No planear atender todo el mantenimiento preventivo y correctivo de equipo estático dentro de la estación y por todos los derechos de vías por donde se extiende la tubería	Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	Bajos niveles de iluminación, falla en niveles de voltaje de red regulada que alimenta equipos de cómputo.
		Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	Temperaturas excesivas en la oficina de los profesionales de línea.
		Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	Se evidencia por excesos de agua en el piso lo cual pone en riesgo al personal de área porque podría generar caídas.

De acuerdo a la evaluación realizada utilizando la matriz RAM y como se evidencia en las figuras 12, 13 y 14 el impacto que tendrá el sistema eléctrico es H (High), para el aire acondicionado H (High) y para las cubiertas M (Medim)

Figura 12. Impacto RAM Sistema eléctrico

Consecuencias.					Probabilidad					
Personas	Económica	Ambiental	Cúentes	Imagen de La Empresa		A	B	C	D	E
						No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en La Industria	Ha ocurrido en La Empresa	Sucepe varias veces al año en a Empresa	Sucepe varias veces al año en el área
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10 M	Masivo	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo \$100K a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10K a \$100K	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

Figura 13. Impacto RAM Aire acondicionado.

Consecuencias.					Probabilidad					
Personas	Económica	Ambiental	Cúentes	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
						No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucepe varias veces al año en a Empresa	Sucepe varias veces al año en el área
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10 M	Masivo	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo \$100K a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabeste-cimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10K a \$100K	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Incumplir especifica-ciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

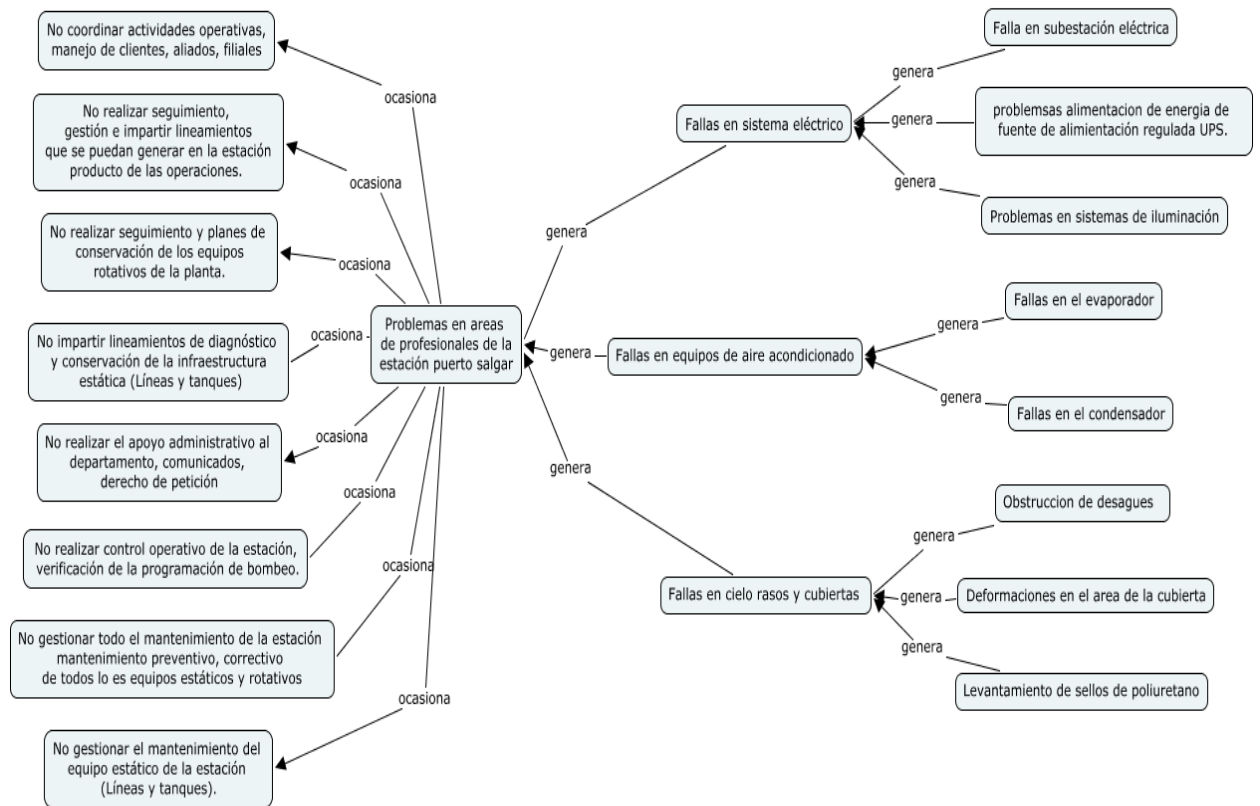
Figura 14. Impacto RAM cubiertas.

Consecuencias.					Probabilidad					
					A	B	C	D	E	
Personas	Económica	Ambiental	Clientes	Imagen de La Empresa		No ha ocurrido en La Industria	Ha ocurrido en La Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en La Empresa	Sucede varias veces al año en el área
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10 M	Masivo	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo \$100K a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10K a \$100K	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

6.3 DIAGRAMA CAUSA EFECTO

Con los AMEF desarrollados anteriormente se elabora el diagrama causa efecto de la figura 15 aquí se detallan cuáles son las condiciones que afectan la operación del sistema eléctrico, aire acondicionado y cielos rasos y cubiertas.

Figura 15. Diagrama causa efecto.



6.4 ANÁLISIS DE LA CRITICIDAD DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO.

Antes de iniciar es necesario saber que la criticidad se determina cuantitativamente como lo indica la ecuación 1 y de esta forma se establecen rangos de valores para homologar los criterios de evaluación, este análisis está centrado en la criticidad del área para que el profesional desarrolle de sus actividades de manera segura.

Ecuación 1 Evaluación de criticidad.

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

6.5 PASO 1. DEFINIR EL NIVEL DEL ANÁLISIS

De manera general en cada área se evaluarán los niveles indicados en la figura 16, dado que estos están directamente relacionados aspectos de seguridad, confort y desempeño.

- **Nivel 1. Sistema eléctrico general e Iluminación:** Para David Berson en estudios realizados en la Universidad de Brown Estados Unidos¹⁴ detectó un nuevo fotorreceptor en la retina, el cual tiene efectos biológicos importantes, esto implican que una buena iluminación tiene una influencia positiva sobre la salud, el bienestar, la vigilancia y la calidad del sueño. Estas células tienen influencia en nuestro reloj biológico, que a su vez regula el ritmo cardiaco y los circuitos circadianos. Las hormonas cortisol (“hormona del estrés”) y melatonina (“hormona del sueño”) juegan un papel importante a la hora de controlar la vigilia y el sueño. Ahora bien, el color de la luz también juega un papel importante ya que tiene produce un efecto biológico distinto la luz azulada de la mañana tienen un efecto activador biológico, mientras que el cielo rojo del atardecer tiene un efecto relajante.
- **Nivel 2. Locativo (cielos rasos y cubiertas) (ver figura 17):** Este aspecto se considera teniendo en cuenta que fallas por caídas de cielo raso o goteras por deterioro en la cubierta ponen en riesgo la integridad de los profesionales ante una condición de emergencia en la cual sea necesario evacuar la instalación.

¹⁴ Beld, W. J. (2003). Lighting For Work: Visual and Biological Effects. The Netherlands: Philips Lightings

- **Nivel 3. Aire acondicionado:** Según el estudio desarrollado por David Samuel Martínez López de la Universidad del Salvador, donde se indica que una temperatura ambiente inadecuada causa muchos problemas que pueden desencadenar efectos nocivos para la salud, como la transpiración excesiva al grado que el trabajador puede experimentar un aumento gradual de la temperatura corporal, alcanzando un valor cercano a 40 °C, una temperatura a la que probablemente se producirán trastornos por calor, reducciones de los rendimientos físico y mental, y por lo tanto de la productividad.

Figura 16. Niveles del análisis de criticidad.



Figura 17. Fallas en cielos rasos y goteras por deterioro en cubierta.



6.6 PASO 2. DEFINIR LA CRITICIDAD

La estimación de la frecuencia de las fallas y la consecuencia se realiza utilizando los rangos preestablecidos en las tablas 14 y 15. La estimación de la frecuencia de la falla funcional se realiza por cada nivel presentado en la figura 4, de aquí se elaboran los diagramas causa efecto indicados en las figuras 18, 19 y 20; al no tener suficiente información sobre el tiempo promedio entre fallas o TPEF se realiza una reunión con expertos (ver figura 21) en cada tema y los resultados de esta se consolidan en la tabla 16.

Cuadro 14. Criterios para estimar la frecuencia.

Categoría	Tiempo promedio entre fallas (año)	Numero de fallas por año	Interpretación.
5	$TPEF < 1$	$\tau > 1$	Probable que ocurra varias veces al año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 \leq \tau < 1$	Probable que ocurra varias veces en 10 años, pero no en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 \leq \tau < 0.1$	Probable que ocurra varias veces en 100 años, pero no en 10 año.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 \leq \tau < 0.01$	Probable que ocurra varias veces en 1000 años, pero no en 100 año.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \tau$	Es poco probable que ocurra en 1000 años.

Cuadro 15. Categoría de impactos.

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD).	Daños en la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total a uno o más miembros de la empresa	Muerte o incapacidad total a uno o más miembros de la comunidad	Daños irreversibles al ambiente	Mayor a 50MM	Mayor a 50MM
4	Incapacidad parcia de uno o más miembros de la empresa	Incapacidad parcia de uno o más miembros de la comunidad	Daños irreversibles al ambiente	De 15 a 50MM	De 15 a 50MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación.	Puede resultar en la hospitalización de 3 personas.	Daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 5 a 15MM	De 5 a 15MM
2	Personal de la planta requiere tratamiento médico.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieren tratamiento médico.	Mínimos daños ambientales.	De 500mil a 5MM	De 500mil a 5MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efectos en la población.	Sin daños ambientales.	Hasta 500mil	Hasta 500mil

Figura 18. Causa efecto de las fallas en el sistema eléctrico.

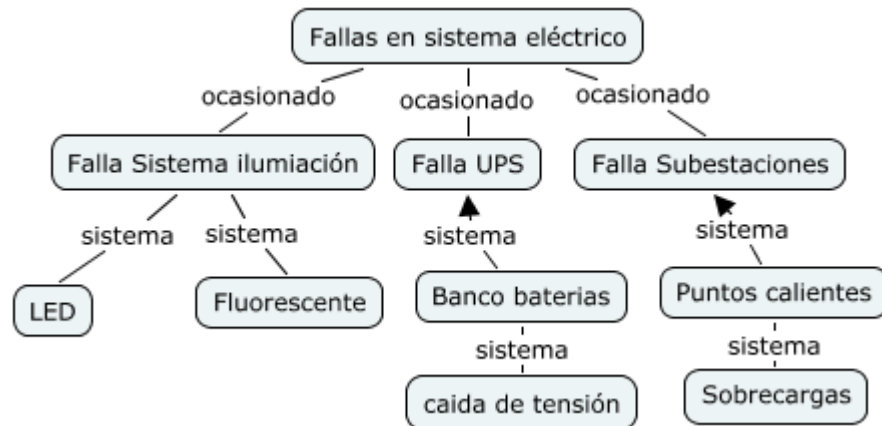


Figura 19. Causa efecto de las fallas en las cubiertas.

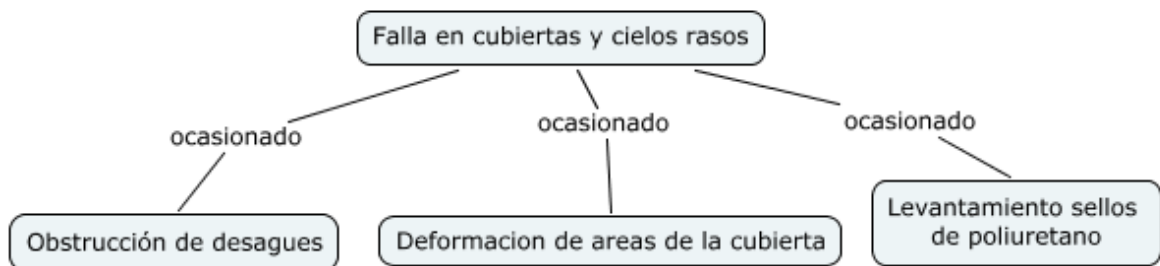


Figura 20. Causa efecto de las fallas en el sistema de Aire Acondicionado.

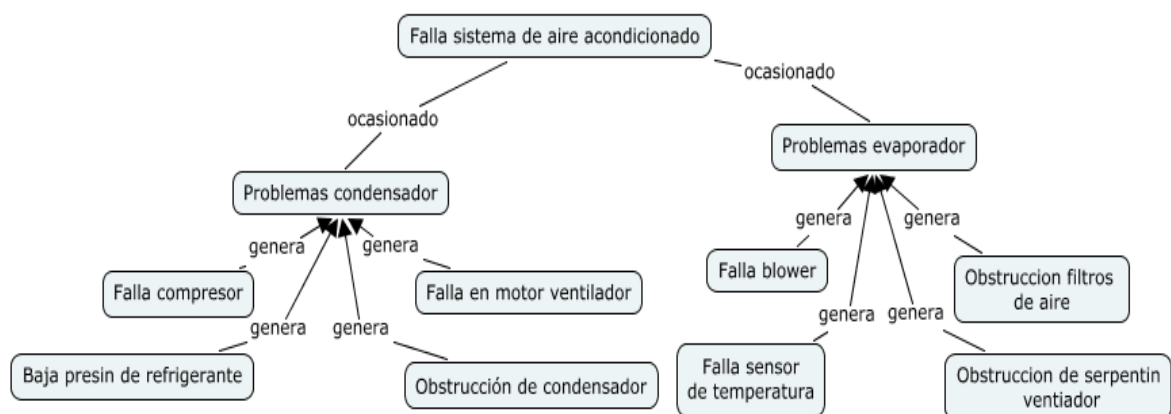


Figura 21. Reunión con expertos para determinar TPEF



Cuadro 16.Consolidado para establecer TPEF

Modo de falla	TPEF	Observaciones	Categoría
Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	$TPEF < 1$	Probable que ocurra varias veces al año.	5
Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	$TPEF < 1$	Probable que ocurra varias veces al año.	5
Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	$1 \leq TPEF < 10$	Probable que ocurra varias veces en 10 años, pero no en 1 año.	4

En la tabla 17 se realiza la estimación de la categoría del impacto que producen las fallas en las instalaciones de la estación Puerto Salgar, aquí se evalúan los sistemas eléctrico, aire acondicionado y cubiertas, porque cada una de ellas afecta directamente las actividades de los profesionales que ejecutan actividades dentro del edificio administrativo, estos valores se establecen en la reunión con los profesionales expertos.

Cuadro 17. Estimación de categoría impacto de estación Puerto Salgar

Modo de falla	Categoría	Observaciones
Deficiencias en los sistemas eléctricos, como iluminación, redes de energía regulada que alimentan los equipos de cómputo.	5	Afecta las actividades ejecutadas por profesionales con afectaciones en la producción de más USD\$ 5 a 15MM, según reunión de expertos.
Deficiencia en el sistema de aire acondicionado lo cual no garantiza condiciones de trabajo saludables.	5	
Deficiencia en cielos rasos y cubiertas, lo cual genera discomfort e impide una evacuación segura del edificio.	4	

6.7 PASO 3, IMPACTO UTILIZANDO MATRIZ RAM

De acuerdo a la evaluación realizada utilizando la matriz RAM y como se evidencia en las figuras 22, 23 y 24 el impacto que tendrá el sistema eléctrico es H (High), para el aire acondicionado H (High) y para las cubiertas M (Medim).

Figura 22 Impacto RAM Sistema eléctrico

Consecuencias.					Probabilidad					
					A	B	C	D	E	
Personas	Económica	Ambiental	Cientes	Imagen de La Empresa		No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en La Industria	Ha ocurrido en La Empresa	Sucebe varias veces al año en la Empresa	Sucebe varias veces al año en el área
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10 M	Masivo	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo \$100K a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10K a \$100K	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

Figura 23. Impacto RAM Aire acondicionado.

Consecuencias.					Probabilidad					
					A	B	C	D	E	
Personas	Económica	Ambiental	Cientes	Imagen de la Empresa		No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en el área
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10 M	Masivo	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo \$100K a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10K a \$100K	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

Figura 24. Impacto RAM cubiertas.

Consecuencias.					Probabilidad					
					A	B	C	D	E	
Personas	Económica	Ambiental	Clientes	Imagen de La Empresa		No ha ocurrido en La Industria	Ha ocurrido en La Industria	Ha ocurrido en La Empresa	Sucede varias veces al año en La Empresa	Sucede varias veces al año en el área
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10 M	Masivo	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo \$100K a \$1M	Localizado	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10K a \$100K	Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

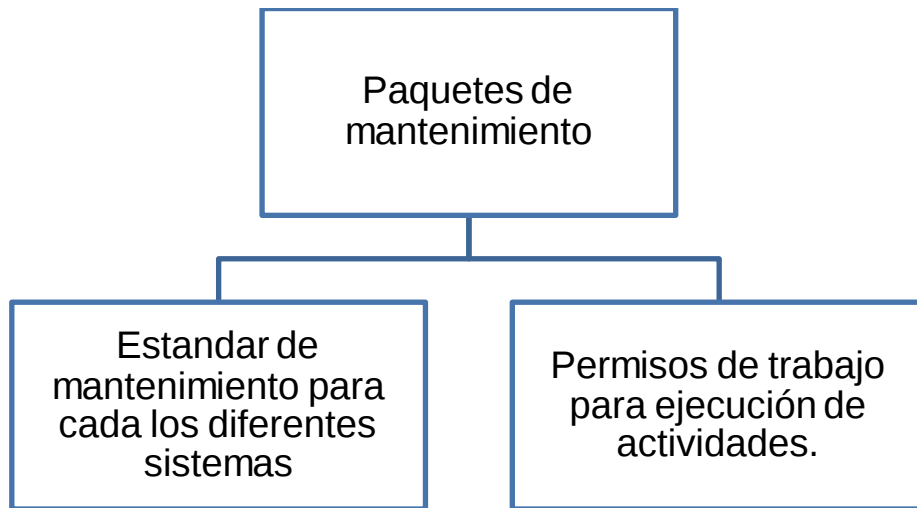
6.8 PASO 4. SEGUIMIENTO Y CONTROL.

Siendo que cada uno de los modos de falla afecta las funciones de los profesionales que ejecutan actividades dentro del edificio administrativo de la estación Puerto Salgar, y tal como se evalúa desde la matriz RAM tiene un impacto directamente sobre los clientes. Por esta razón se propone como modo de seguimiento y control desarrollar los paquetes de mantenimiento mencionados a continuación.

7. ELABORACIÓN DE PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EDIFICACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUERTO SALGAR.

El desarrollo de los paquetes de mantenimiento, se evalúan aspectos indicados en la figura 25 que apuntan a garantizar la seguridad y que los modos de falla indicados en los AMEF tengan revisiones periódicas.

Figura 25. Aspectos a evaluar en los paquetes de mantenimiento.



7.1 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

De acuerdo con el análisis realizado hasta el momento, las fallas en el sistema eléctrico pueden ser, fallas de iluminación, UPS o alimentación regulada y fallas en subestaciones, las cuales afectan las actividades desarrolladas por los

profesionales en el edificio administrativo, por esta razón se entra a evaluar cada una de estas fallas mediante la elaboración de estándares de mantenimiento.

7.2 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACIONES.

Para iniciar el desarrollo se indican los formatos ECP que se deben diligenciar para realizar las actividades del estándar de mantenimiento, seguido a esto se desarrolla el estándar para la subestación de baja tensión que alimenta el edificio administrativo. Antes de continuar es necesario hacer énfasis que las actividades desarrolladas en la subestación y sistema eléctrico general deben ser ejecutadas por personal calificado *“Persona natural que demuestre su formación profesional en el conocimiento de la electrotecnia y los riesgos asociados con la electricidad, y que además cuente con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional, o certificado de matrícula profesional, que según la normatividad legal vigente, lo autorice o acredite para el ejercicio de la profesión”* (Art. 3, RETIE).

7.3 PERMISOS DE TRABAJO Y CERTIFICADOS DE APOYO

Para ejecutar esta actividad es necesario realizar los siguientes pasos, de forma que se garantice la ejecución segura con el ánimo de minimizar los riesgos a los cuales se encontrara expuesto el ejecutor durante la actividad. En la tabla 18 se mencionan los riesgos a los cuales se encontrará expuesto el ejecutor y los controles ante cada situación.

Cuadro 18. Riesgos para realizar mantenimiento subestación.

Peligro	Riesgo	Control
Energía eléctrica	Electrocución	La ejecución de la labor deberá realizarse como mínimo entre dos personas, y estas deberán ser calificadas y certificadas.
		Inspeccionar con detector de tensión equipos, estructuras adyacentes del área de trabajo para asegurarse de que no estén energizadas. Utilizar herramienta aislada y que se encuentre sin fisuras o partiduras.
Atrapamiento	Partes con movimientos o rotatorias	Siempre debe trabajar con las mangas de la camisa abotonadas para evitar atrapamientos. Verificar que el equipo este apagado y aislado Verificar que el equipo tenga la guarda de seguridad.

Según lo indica la norma NFPA 70E a las personas que trabajen donde hay riesgo eléctrico, se les debe suministrar y capacitar sobre dichos temas, por esta razón se les debe suministrar los elementos de protección personal que cumplan la normatividad indicada en la tabla 19.

Cuadro 19. Especificaciones de elementos de protección personal para trabajos con electricidad.

OBJETO	NUMERO Y TITULO
Protección de la cabeza.	ANSI Z89.1, Requeriments Protective Headwear for Industrial Workers.
Protección de ojos y de la cara.	ANSI Z87.1, Practice for occupational and Educational Eye and Face Protection.
Guantes	ASTM D 120, Standard specification for Rubber Insulating Sleeves.
Calzado	ASTM 11, Standard specification for dielectric. ASTM 2412, Standard Test Methods for foots protection. ASTM 2413, Standard Specification for performance requeriments for foot.
Ropa	ASTM 1506.

Fuente: NFPA 70E

Finalmente, si durante la ejecución de la actividad de mantenimiento preventivo es necesario utilizar herramientas, estas deberán cumplir con lo indicado en la tabla 20.

Cuadro 20. Especificaciones de herramientas para mantenimiento de subestaciones.

OBJETO	NUMERO Y TITULO
Escaleras	ANSI A14.1, Safety requirements for portable Wood ladders, 2000. ANSI A14.3, Safety requirements for fixed ladders, 2002. ANSI A14.4, Safety requirements for job-Made ladders, 2002. ANSI A14.5, Safety requirements for portable reinforced plastic ladders, 2000.
Señales y etiquetas de seguridad	ANSI Z 535, Series of standards for safety sign and tags.
Herramienta de mano aislada	ASTM 1505, Standard specification for insulated and insulating hand tools.

Fuente: American National Standard

Se debe diligenciar el permiso de trabajo según lo indica la figura 26, de esta forma se garantizará que el ejecutor es consciente de los riesgos a los cuales estará expuesto durante la ejecución de la actividad.

	PERMISO DE TRABAJO RESPONSABILIDAD INTEGRAL DIRECCIÓN DE HSE		
	ECP-DHS-F-152	Elaborado 31/08/2012	Versión 4
	En caso de cualquier duda, consulte el Manual de Control de Trabajo ECP-DHS-H-001		

GENERALIDADES			
A PERMISO EN FRÍO ☐ FECHA DE DILIGENCIAMIENTO: DEPENDENCIA O EMPRESA EJECUTORA: DEPENDENCIA (ES): PLANTA O LUGAR: TRABAJO A REALIZAR:	PERMISO EN CALIENTE ☐ PERMISO ELÉCTRICO ☐	RAM HSE: ☐ ACTIVIDAD FRECUENTE, REPETITIVA Y/O CON DISPERSIÓN GEOGRÁFICA ☐ SI ☐ NO ☐ OT (S) / CONTRATO: EQUIPO O SISTEMA OBJETO DEL TRABAJO:	
B PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO (Marque con el N° Consecutivo o con "X" cuando aplique)			
☐ ANÁLISIS DE RIESGOS ☐ CERT. HOT - TAP ☐ CERT. APERTURA DE LINEA VIVA (TEA VIVA O GASES TÓXICOS) ☐ CERT. ESPACIO CONFINADO ☐ CERT. EXCAVACIÓN ☐ CERT. TRABAJO EN ALTURA ☐ CERT. AISLAMIENTO SAS ☐ CERT. AISLAMIENTO SAS ☐ PERMISOS (TRABAJOS SIMULTÁNEOS)	☐ PLAN DE IZAJE DE CARGA ☐ INTERFERENCIAS CON OTROS TRABAJOS O AFECTACIÓN A OTRAS ÁREAS ☐ SE REQUIERE VERIFICAR CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y DIRECCIÓN DEL VIENTO ☐ HOJA DE SEGURIDAD (MSDS) ☐ DOC. CONTROL DE CAMBIOS DE PLANTA ☐ AUTORIZACIÓN CIERRE DE VÍA ☐ AUTORIZACIÓN USO AGUA DE CONTRAINCENDIO ☐ PRUEBA DE GASES		
☐ PROCEDIMIENTO INSTRUCTIVO DE TRABAJO ☐ LECTURA APRENDIDA ☐ PROCEDIMIENTO DE RESCATE ☐ SE REQUIERE GUARDIA DE CONTROL DE EMERGENCIAS ☐ SE REQUIERE GUARDIA DE SEGURIDAD ☐ SE REQUIERE GUARDIA ELÉCTRICO ☐ LINEAS VIVAS (ENERGIZADAS) ADYACENTES ☐ AFECTACIÓN AMBIENTAL POR LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO ☐ ATERRIAJE DE EQUIPOS O ESTRUCTURAS ☐ OTROS:			
C REQUISITOS ADICIONALES PARA ACTIVIDADES EN CALIENTE (Marque con "X" cuando aplique) N.A. ☐			
☐ SE INSTALARON BARRERAS PARA RETENER ESCORLAS O CHISPAS ☐ SE CUBRIERON ADECUADAMENTE TODAS LAS ALCANTARILLAS ☐ SE INSTALÓ PUESTA A TIERRA AL EQUIPO QUE GENERA ELÉCTRICIDAD - ESTÁTICA ☐ OTROS:			
D REQUISITOS ADICIONALES PARA ACTIVIDADES ELÉCTRICAS (Marque con "X" cuando aplique) N.A. ☐			
EL NIVEL DE TENSIÓN DE OPERACIÓN NORMAL DEL EQUIPO O SISTEMA A INTERVENIR ES: TENSIÓN DC >= 120 Vdc ☐ Tensión ----- Vdc TENSIÓN DC <= 120 Vdc ☐ Tensión ----- Vdc MUY BAJA TENSIÓN (MBT < 25 Vac) BAJA TENSIÓN (25Vac < BT <= 1000 Vac) MEDIA TENSIÓN (1 Kvdc < BT <= 57.5 Kvdc) ALTA TENSIÓN (57.5 Kvdc < AT <= 230 Kvdc)			
COMO REPRESENTANTE DEL ÁREA ELÉCTRICA: HE VERIFICADO CON EL EMISOR Y EL EJECUTOR QUE TODOS LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE ESTE TRABAJO HAYAN SIDO CONTEMPLADOS EN EL ANÁLISIS DE RIESGO Y SU RESPECTIVO PROCEDIMIENTO INSTRUCTIVO DE TRABAJO			
FECHA DESDE (dd/mm/aa) FECHA HASTA (dd/mm/aa)	FIRMA REPRESENTANTE DEL ÁREA ELÉCTRICA REGISTRO/Nº. MATRICULA PROF. - RADIO/TELÉFONO		
E PRUEBA DE GASES N.A. ☐			
FECHA PRUEBA (dd/mm/aa) HORA PRUEBA (am, pm) TIEMPO DE VALIDEZ LEL: % ≤ 10 O2: % 19.5 a 23 CO: ppm ≤ 25 H2S: ppm ≤ 1 OTRO:	FECHA CALIBRACIÓN VIGENTE DEL EQUIPO DETECTOR FIRMA DE LA PERSONA QUE REALIZA LA PRUEBA REGISTRO o CC		
F AUTORIZACIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA O RESPONSABLE DE ÁREA (AUTORIZO LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO) N.A. ☐			
NOMBRE	CARGO	FIRMA	DEPENDENCIA
		FECHA	
G FIRMAS EMISIÓN Y REVALIDACIONES			
EMISOR: HE VERIFICADO CON EL EJECUTOR LA APLICACIÓN DEL SAS/SAES Y LOS DEMÁS CONTROLES PARA MINIMIZAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A ESTE TRABAJO Y CONSIDERO SEGURO PROCEDER CON LA EJECUCIÓN DEL MISMO.			
EJECUTOR: HE VERIFICADO CON EL EMISOR LA APLICACIÓN DEL SAS/SAES Y LOS DEMÁS CONTROLES PARA MINIMIZAR LOS RIESGOS ASOCIADOS A ESTE TRABAJO Y ME COMPROMETO A COMUNICARLOS AL GRUPO EJECUTOR. CONSIDERO SEGURO PROCEDER CON LA EJECUCIÓN DE ESTE TRABAJO.			
FECHA (dd/mm/aa)	VALIDEZ DESDE - HASTA (hora - hora)	EMISOR FIRMA Y REGISTRO O C.C.	EJECUTOR FIRMA Y REGISTRO O C.C.
		N° PERSONAS EJECUTORAS	
H CIERRE (Coloque "SI", "NO" o "NA" en cada casilla) N.A. ☐			
EJECUTOR: DECLARO QUE: ☐ EL TRABAJO HA SIDO TERMINADO ☐ EL SITIO Y EL EQUIPO QUEDAN EN CONDICIONES SEGURAS ☐ ENTREGO EL ÁREA LÍMPIA Y LIBRE DE DESECHOS Y MATERIALES			
NOMBRE, FIRMA Y REGISTRO O C.C. EJECUTOR EMISOR: HE VERIFICADO QUE: ☐ EL ÁREA QUEDA LÍMPIA Y LIBRE DE DESECHOS Y MATERIALES ☐ SE HAN REALIZADO Y ACEPTADO TODAS LAS PRUEBAS DE RECIBO ☐ EL PERMISO DE TRABAJO HA SIDO SUSPENDIDO DEFINITIVAMENTE ☐ HE NOTIFICADO LA TERMINACIÓN DE ESTE TRABAJO AL REPRESENTANTE DEL ÁREA ELÉCTRICA: Nombre: Radio/Teléfono: SI EL TRABAJO HA SIDO TERMINADO, SE DEBEN NORMALIZAR LAS PROTECCIONES DE SEGURIDAD (CORTES, ALARMAS, BLOQUEOS, ETC.) NOMBRE, FIRMA Y REGISTRO O C.C. EMISOR			
FECHA:			

67

7.4 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACIÓN DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA ESTACIÓN PUERTO SALGAR.

Para iniciar la elaboración del estándar de mantenimiento, se realiza el AMEF (ver tabla 21) que permite identificar las actividades que deben ejecutarse con el ánimo de garantizar la continuidad en las áreas del edificio administrativo.

Cuadro 21. AMEF subestación edificio administrativo estación Puerto Salgar.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Suministrar energía eléctrica de 220V y 440V al edificio administrativo.	No suministrar energía eléctrica de 220V y 440V al edificio administrativo.	Puntos calientes	Altos niveles de temperatura en conexiones y tableros de distribución.
		Fallas de aislamiento	Disparo de breaker por cortocircuitos.
		Bajos niveles de iluminación.	Imposibilidad de realizar inspecciones por bajos niveles de iluminación.

El estándar de mantenimiento que se presenta a continuación busca evitar que se presenten los modos de falla descritos en la tabla 19, por esta razón se divide la actividad en diferentes tareas.

- **Tarea 1. Inspección termográfica y de parámetros operacionales de la subestación eléctrica.**

Al ingresar a la subestación verifique que esta cuente con la señalización donde se indique claramente el nivel de tensión, ingreso solo de personal calificado y diligencie la tabla 22.

Cuadro 22. Actividades de tarea 1, estándar subestación Puerto Salgar.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	La subestación cuenta con señalización de líneas de demarcación según lo establece la NFPA 70E			
2	Realice apertura de los tableros de baja tensión (220V-440V) e inspecciones con una cámara termográfica los barrajes, totalizadores. En caso de encontrar temperaturas fuera de rangos, repórtelo al supervisor inmediatamente.			
3	Realice una inspección general del transformador con la cámara termográfica. En caso de encontrar temperaturas fuera de rangos, repórtelo al supervisor inmediatamente.			

- **Tarea 2. Verificación visual de conexiones.**

Para evitar fallas de aislamiento en los cables se realiza el plan descrito en la tabla 23, aquí se busca identificar de manera temprana conexiones deterioradas, sueltas o sulfatadas.

Cuadro 23. Actividades de tarea 2, estándar subestación Puerto Salgar.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	Realice inspección de tableros baja tensión en busca de conexiones sueltas o sulfatadas.			
2	Inspeccione los cárcamos, deben estar libres de polvo, agua y humedad.			
3	Verifique visualmente el estado de aislamiento de los cables.			

- **Tarea 3. Inspección de iluminación en subestación.**

Como parte de la última tarea se elabora la tabla 24, esta pretende verificar el estado de la iluminación normal y de emergencia.

Cuadro 24. Revisión de iluminación local y de emergencia.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	Todos los tubos fluorescentes enciendan correctamente.			
2	Al simular ausencia falla en el circuito de iluminación se encienden todas las lámparas de emergencia.			
3	Las indicaciones del luxómetro son acordes a los valores establecidos en el RETIE.			

7.5 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA ESTACIÓN PUERTO SALGAR

Los permisos de trabajo y el análisis de riesgo deben ser diligenciados y aprobados antes de ejecutar la actividad, estos dos formatos son los indicados en la figura 16 y tabla 18, por esta razón aquí no se profundiza en este tema. Al desarrollar el AMEF de la tabla 25 se identifican cuáles serán las actividades para priorizar dentro del mantenimiento del sistema de iluminación del edificio administrativo, tanto para sistemas con tecnología fluorescente o LED.

Cuadro 25. AMEF sistema iluminación edificio administrativo estación Puerto Salgar.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Mantener los niveles de iluminación de las diferentes áreas dentro de los límites establecidos por el RETIE.	No mantener los niveles de iluminación de las diferentes áreas dentro de los límites establecidos por el RETIE.	Conexiones sueltas, tubos LED o Fluorescente dañados.	Bajos niveles de iluminación.
		Bajos niveles de tensión en la alimentación de la lámpara LED o Fluorescente.	Luminarias apagadas.

El estándar de mantenimiento que se presenta a continuación busca evitar que se presentes los modos de falla descritos en la tabla 23, por esta razón se divide en diferentes actividades.

Tarea 1. Inspeccionar y verificar el estado de la lámpara LED o Fluorescente.

Antes de iniciar la ejecución de la actividad, es necesario conocer los diagramas unifilares donde se evidencia la ubicación de los circuitos ramales que alimentan eléctricamente las lámparas, después de esto debe realizar las actividades que se mencionan en la tabla 26.

Cuadro 26. Mantenimiento de sistema de iluminación tarea 1.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	La luminaria se encuentra bien soportada, y no se evidencian tornillos sueltos o condiciones que indiquen que se podría caer.			
2	Los empalmes o conexiones se encuentran en buen estado, adicional a esto los Sockets y carcasa no presentan signos de desgaste como grietas.			
3	Todos los tubos LED o fluorescentes de cada lámpara se encuentran encendidos.			

Tarea 2. Realizar mantenimiento preventivo de la lámpara LED o fluorescente.

Las actividades descritas en la tabla 27 se deben ejecutar con la intención de garantizar un continuo servicio del sistema de iluminación en las diferentes áreas del edificio administrativo.

Cuadro 27. Mantenimiento de sistema de iluminación tarea 2.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	El voltaje de alimentación está dentro de los rangos indicados por los balastos o fuentes.			
2	Aplique SAES y verifique ausencia de tensión en la entrada de alimentación de la lámpara.			
3	Desarme y realice limpieza general de la luminaria.			
4	Todas las piezas que componen la lámpara están en buen estado.			
5	Los componentes como tubos, sockets, cables, borneas están en buen estado.			
6	Ensamble la luminaria.			
7	Retire el SAES y energice la lámpara, verificando que todos los tubos enciendan.			

7.6 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA UPS O FUENTES DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA.

Para la ejecución de esta actividad se debe adjuntar al permiso de trabajo y análisis de riesgo el formato de aplicación de SAES (ver figura 27), y como se ha venido desarrollando este documento, lo primero en realizar es el AMEF (ver tabla 28) con

Figura 27. Certificado de apoyo para aplicación de SAES.

11110 Cardenas 33200 - tel: 6026377

EMISOR

Cuadro 28. AMEF sistema de alimentación ininterrumpida de la estación Puerto Salgar.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Mantener y regular la tensión de salida, ante fallas en el suministro de energía.	No mantener y regular la tensión de salida, ante fallas en el suministro de energía.	Falla el banco de baterías.	No mantiene la tensión de salida tras un corte de energía.
		Falla en sistema electrónico	No regula tensión de salida.

Para mantener la operación del UPS es necesario realizar un mantenimiento preventivo con el ánimo de minimizar la probabilidad que se presenten fallas y garantizar la continuidad en las áreas donde la laboran los profesionales de la estación Puerto Salgar. Antes de iniciar las actividades que a continuación se mencionan, se debe realizar el procedimiento de apagado de dicha máquina, seguido a esto realizar la aplicación del SAES.

Tarea 1. Revisar el banco de baterías.

Las actividades descritas en la tabla 29 se establecen para monitorear y verificar de manera periódica el estado de cada una de las baterías que componen el banco.

Cuadro 29. Mantenimiento de sistema de alimentación ininterrumpida UPS tarea 1.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	No hay presencia de baterías estalladas o con derrames a su alrededor.			
2	Todos los bornes están libres de óxido y se encuentran bien ajustados.			
3	Mida el voltaje de todas las baterías.			
4	Realice la medición con el analizador de todas las baterías. Si encuentra alguna con un valor de conductancia bajo respecto a las demás reemplace la batería.			

Tarea 2. Revisar sistemas electrónicos.

Los sistemas electrónicos deben ser revisados con el ánimo de evitar fallas que eviten que la UPS deje de cumplir su función de forma inesperada, por esta razón se plantean las actividades descritas en la tabla 30.

Cuadro 30. Mantenimiento de sistema de alimentación ininterrumpida UPS tarea 2.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	Realice limpieza general de las tapas, ventiladores y filtros.			
2	Ajuste las conexiones de entrada y salida.			
3	Verifique que no se presenten conectores sueltos.			
4	Ajuste las conexiones de los contactores de entrada y salida.			
5	Limpie las tarjetas electrónicas con aire comprimido o con una brocha.			
6	Revise el estado de las soldaduras de los TRIAC y SCR, si es necesario retóquelos.			
7	Revise el estado de los condensadores, teniendo especial cuidado si detecta señales de deterioro en alguno de ellos.			

7.7 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA FALLAS EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

El diseño de los paquetes de mantenimiento para los equipos de aire acondicionado de la estación Puerto Salgar, serán iguales en cuanto a la formalización para iniciar las actividades, es decir los documentos que deben ser diligenciados son:

- Permiso de trabajo.
- Análisis de riesgo.
- Certificado de apoyo para bloqueo y tarjeteo.

Las actividades que serán descritas a continuación se centran en la revisión del sistema de condensador y evaporador del equipo de aire acondicionado según el AMEF de la tabla 31. Para iniciar el desarrollo de las actividades de mantenimiento se deben diligenciar cada uno de los ítems que se mencionan a continuación, esto son la intención de identificar cual es la condición operacional antes del mantenimiento.

Cuadro 31. AMEF sistema de aire acondicionado de la estación Puerto Salgar.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Mantener la temperatura ambiente de la estación Puerto Salgar en 22°C.	No mantener la temperatura ambiente de la estación Puerto Salgar en 22°C.	Falla en el condensador	No reduce la temperatura del área.
		Falla en el evaporador.	No reduce la temperatura del área.

- En el lado del evaporador no deben existir ruidos anormales.
- Verifique no existan fugas de refrigerante.
- Revise que el aislamiento térmico de las tuberías se encuentre en buen estado.
- En el lado de la condensadora no deben existir ruidos anormales.
- Verifique el nivel de voltaje y corriente del compresor.

- Aplique SAES en el tablero que alimenta el equipo de aire acondicionado.

7.8 PAQUETE DE MANTENIMIENTO CONDENSADORA.

Para garantizar el buen funcionamiento de la condensadora se deben realizar las actividades descritas en la tabla 32.

Tabla 1 Mantenimiento equipos de aire acondicionado, tarea1.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones
		Si	No	
1	Desinstale el motor de condensación y cubra todas las tarjetas electrónicas, para evitar caída de agua cuando se realice el lavado.			
2	Lavar el serpentín con agua a presión, utilizando líquido desincrustante.			
3	Revise el estado de los cables eléctricos de las borneras de los motores, además ajuste la tornillería.			
4	Revise el estado de los condensadores, estos no deben tener liquido aislante ni deformaciones.			
5	Instale el motor del condensador y verifique no se queden residuos de agua en los elementos eléctricos y electrónicos.			

7.9 PAQUETES DE MANTENIMIENTO EVAPORADOR.

Para garantizar el buen funcionamiento de la condensadora se deben realizar las actividades descritas en la tabla 33.

Cuadro 32. Mantenimiento equipos de aire acondicionado, tarea 2.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	Realice limpieza del serpentín evaporador con una lanilla.			
2	Verifique el estado de las aletas del serpentín.			
3	Lavar los filtros de retorno de aire, carcasa del evaporador, bandeja de drenaje y blower.			
4	Realice ajuste de la tornillería.			
5	Lubrique los cojinetes del motor.			
6	Revise el estado de las conexiones eléctricas.			
7	Verifique el estado de los sensores de temperatura.			

7.10 PAQUETES DE MANTENIMIENTO PARA FALLAS EN CUBIERTAS.

En esta ocasión es necesario iniciar haciendo énfasis en el objetivo del mantenimiento de las cubiertas es minimizar las filtraciones o afloramiento de la

humedad de manera que se logren mantener las condiciones originales de la impermeabilización como se indica en el AMEF realizado en la tabla 34.

Cuadro 33. AMEF cubiertas de la estación Puerto Salgar.

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla.
Evitar ingreso de agua a las áreas del edificio.	No evitar ingreso de agua a las áreas del edificio.	Obstrucción de desagües.	Presencia de filtraciones de agua.
		Deformaciones en área de la cubierta.	Presencia de filtraciones de agua.
		Levantamiento de sellos de poliuretano.	Presencia de filtraciones de agua.

Las actividades de la tabla 35 indican una serie de acciones que se deben ejecutar con el ánimo de mantener libre de filtraciones la edificación.

Cuadro 34. Mantenimiento cubiertas, tarea 2.

Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones.
		Si	No	
1	Realizar limpieza e inspección de los canales o canaletas.			
2	Inspeccionar el estado de las terminaciones de la cubierta.			
3	Limpiar y verificar las membranas impermeables, no deben haber ampollas, en caso de existir reventar y rellenar con brea u otro material recomendado por el fabricante.			
4	Revisar y parchar la existencia de fisuras o grietas			

8. PLANTILLA DE LOS PAQUETES DE MANTENIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUERTO SALGAR.

Haciendo uso de la herramienta Microsoft Excel se desarrolló una plantilla que permite integrar todas las actividades de mantenimiento preventivo del edificio administrativo, en la figura 28 se indican cuáles son los botones que darán paso a la información que debe incluir el paquete de mantenimiento.

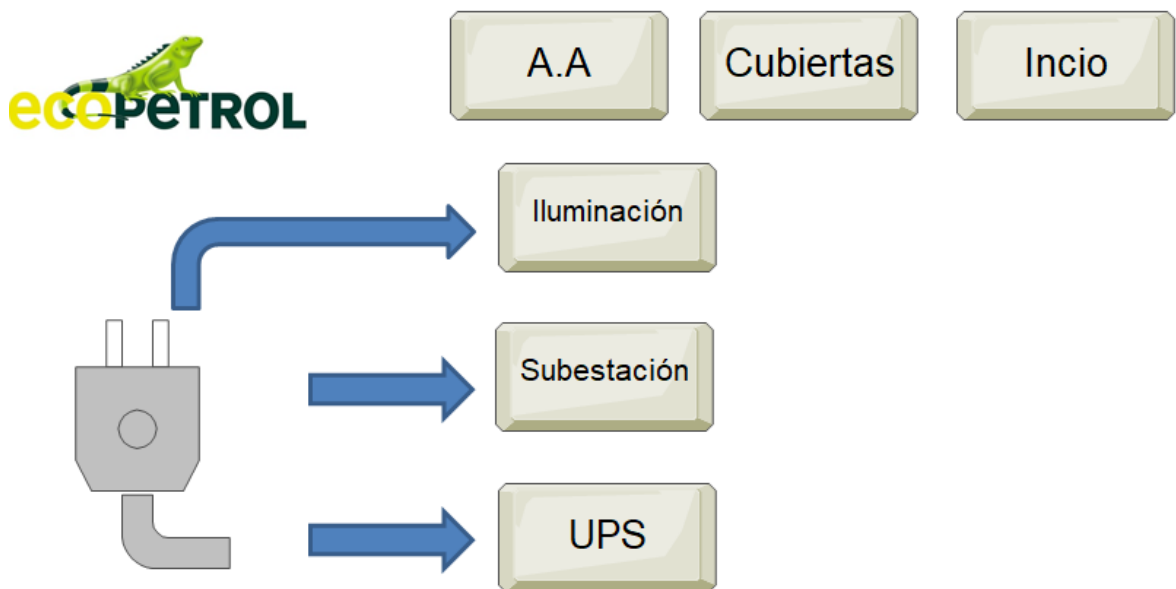
Figura 28. Plantilla de mantenimiento preventivo del edificio administrativo.



8.1 PLANTILLA PARA ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Es claro hasta este punto que las actividades de mantenimiento del sistema eléctrico del edificio administrativo deben incluir, iluminación, subestación y sistema de alimentación ininterrumpida o UPS, por esta razón y para organizar estas actividades se elaboró la ventana indicada en la figura 29, que aparece tras dar clic sobre el botón “S. Eléctrico” de la figura 18, de esta forma el administrador del sistema tendrá a la mano toda la información concerniente al mantenimiento.

Figura 29. Plantilla para mantenimiento del sistema eléctrico



8.2 PLANTILLA PARA MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN, SUBESTACIÓN Y UPS.

Una vez se ha ingresado a cualquiera de estas opciones se presenta toda la información concerniente al mantenimiento como es:

- Análisis de riesgo.
- Permiso de trabajo formato ECP-DHS-F-152.
- Certificado de apoyo para bloqueo y tarjeteo ECP-DHS-F-130.
- Análisis de modo y efecto de falla AMEF.
- Actividades de mantenimiento a realizar para mantener el sistema funcionando.

En la figura 30 se observa el contenido del paquete de mantenimiento preventivo del sistema de iluminación, de esta forma se tendrá a la mano toda la información necesaria para ejecutar las actividades de forma segura y atendiendo las actividades que minimizaran la posibilidad que se presente alguna de las fallas encontradas en el AMEF.

Figura 30. Plantilla sistema eléctrico iluminación.



S.Eléctrico

Inicio

Paquete para ejecucion de mantenimiento Preventivo de iluminación		
Análisis de riesgo		
Peligro	Riesgo	Control
Energía eléctrica	Electrocución	La ejecución de la labor deberá realizarse como mínimo entre dos personas, y estas deberán ser calificadas y certificadas.
		Inspeccionar con detector de tensión equipos, estructuras adyacentes del área de trabajo para asegurarse de que no estén energizadas. Utilizar herramienta aislada y que se encuentre sin fisuras o partiduras.
Atrapamiento	Partes con movimientos o rotatorias	Siempre debe trabajar con las mangas de la camisa abotonadas para evitar atrapamientos. Verificar que el equipo este apagado y aislado Verificar que el equipo tenga la guarda de
Permiso de trabajo		
Formato de SAES		
Análisis de modo y efecto de falla		
Estandar de mantenimiento		

8.3 PLANTILLA PARA MANTENIMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO

En la plantilla de los equipos de aire acondicionado se presentan los documentos concernientes a asegurar que la actividad se realice de forma segura:

- Análisis de riesgo.
- Permiso de trabajo formato ECP-DHS-F-152.
- Certificado de apoyo para bloqueo y tarjeteo ECP-DHS-F-130.
- Análisis de modo y efecto de falla AMEF.

- Actividades de mantenimiento a realizar para mantener el sistema funcionando tanto el evaporador como condensador (ver figura 31).

Figura 31. Plantilla sistema de aire acondicionado.

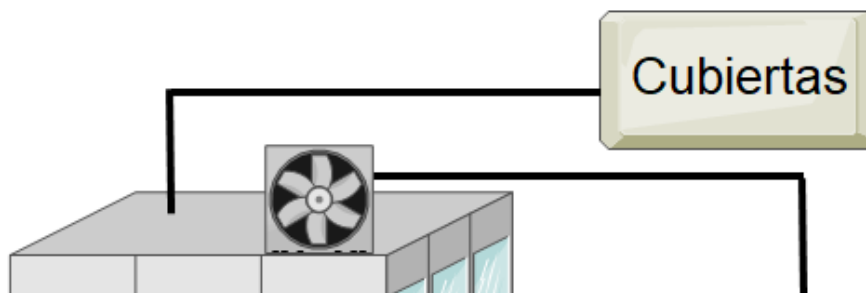
Estandar de mantenimiento condensador					
Actividad	Descripción	Observaciones		Recomendaciones	
		Si	No		
1	Desinstale el motor de condensación y cubra todas las				
2	Lavar el serpentín con agua a presión, utilizando líquido				
3	Revise el estado de los cables eléctricos de las bornas de				
4	Revise el estado de los condensadores, estos no deben				
5	residuos de agua en los elementos eléctricos y electrónicos.				
Estandar de mantenimiento evaporador					
1	Realice limpieza del serpentín evaporador con una lanilla.				
2	Verifique el estado de las aletas del serpentín.				
3	Lavar los filtros de retorno de aire, carcasa del evaporador,				
4	Realice ajuste de la tornillería.				
5	Lubrique los cojinetes del motor.				
6	Revise el estado de las conexiones eléctricas.				
7	Verifique el estado de los sensores de temperatura.				

8.4 PLANTILLA MANTENIMIENTO DE CUBIERTAS.

Finalmente, para organizar o estandarizar las actividades de mantenimiento preventivo se incluye dentro de la plantilla la opción llamada cubiertas (ver figura 32), la información que aquí se incluye es la indicada a continuación:

- Permiso de trabajo formato ECP-DHS-F-152.
- Certificado de apoyo para trabajo en alturas ECP-DHS-F-156.
- Análisis de modo y efecto de falla AMEF.
- Actividades de mantenimiento a realizar para mantener el sistema funcionando tanto el evaporador como condensador (ver figura 33).

Figura 32. Opción para ingresar a información de mantenimiento de cubiertas.



9. CONCLUSIONES.

Una vez se lograron identificar cada una de las áreas que compone el edificio administrativo de la estación Puerto Salgar, se realizó un AMEF por cada una de las áreas para saber la función y falla funcional, determinando el impacto que estas tienen en la prestación del servicio. De este análisis se puede decir que problemas en los sistemas eléctricos como iluminación, subestaciones o sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) afectan la ejecución de las actividades y adicional a ello también fallas en los sistemas de aire acondicionado y cubiertas.

Una vez esta claro que fallas en los sistemas eléctrico, de aire acondicionado y cubiertas generan fallas en las áreas del edificio administrativo y evitan que allí se cumplan las funciones para las cuales fueron concebidas, se diseñaron diferentes paquetes de mantenimiento basando cada una de las actividades que allí se ejecutan en los AMEF de cada sistema.

La plantilla elaborada en Microsoft Excel suministra información concerniente al mantenimiento preventivo del edificio administrativo de la estación Puerto Salgar de la siguiente forma, para los equipos de aire acondicionado y sistema eléctrico se tienen en cuenta los AMEF, el estándar de mantenimiento, los permisos de trabajo y certificados de apoyo, después de esto se incluye el mantenimiento de las cubiertas, donde adicional a los documentos anteriormente mencionados, se incluye el certificado de apoyo para trabajo en alturas.

BIBLIOGRAFÍA.

ALVARES, Lyda. Metodología RCM aplicada a transformadores de potencia. Bucaramanga. 2010.

BABÉ RUANO, Manuel. Mantenimiento y Reconstrucción de Edificios. Cuba. 1986.

CHAVES, A Lighting For Work: Visual and Biological Effects. The Netherlands: Philips Lightings.drián. La Gestión de Mantenimiento: Un Enfoque Completo de Calidad. [En línea]. [Recuperado el 28 septiembre de 2020]. Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/PonenciaChaves.pdf>

CASANOVAS, Xavier y TEJERA, Pedro. Mantenimiento y Gestión de Edificios. [en línea]. [Recuperado el 3 septiembre de 2020]. Disponible en. [http://www.cujae.edu.cu/facultades/arquitectura/PROFESORES/Mantenimiento%20y%20Gesti%F3n%20de%20edificios\(TEJERA\).doc](http://www.cujae.edu.cu/facultades/arquitectura/PROFESORES/Mantenimiento%20y%20Gesti%F3n%20de%20edificios(TEJERA).doc)

CANOLLI, Juan. Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas. Argentina: Noboku, 2007.

JIMÉNEZ, Francisco; ROBLEDILLO, Víctor y PÉREZ, Joaquín. Mantenimiento y mejora de las instalaciones en los edificios ENAC0108. España: IC Editorial. [en línea]. [Recuperado el 3 septiembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2UE8U92>

FERNÁNDEZ, Juan. Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. Revista de Arquitectura e ingeniería. Vol. 1, 2007.

QUINTERO, Isabel; SOLANO, Carlos y LOZANO, Arturo. La degradación y el mantenimiento en las obras de edificación: estudio de caso institución educativa

Antonio DERKA Santo Domingo. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Especialista en Ingeniería de la Construcción. Medellín.: Universidad de Medellín. 2013.

MATULIONIS, R y FREITAG, J. Preventive maintenance of buildings. Nueva York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

MILES, D. A manual of building maintenance volume I: management. Londres: Intermediate Technology Publications Ltd, 1978

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. Reino Unido: Editorial Industrial Press Inc, 1991.

NAVARRO, Juan. Técnicas de Mantenimiento Industrial. Calpe Institute Tecnology. USA. 2004.

Salazar Pablo. 2009. Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica..

Sanclemente Jorge, Alvarado Leonardo. 2010. Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.