

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA LA SEDE DE SEGUROS SURA BARRANQUILLA**

LUIS EDUARDO DURAN MORA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA LA SEDE DE SEGUROS SURA BARRANQUILLA**

LUIS EDUARDO DURAN MORA

**Monografía de grado presentada como requisito para obtener el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

Director: Martha Cecilia Vitola Tamara

Ingeniera Industrial

Esp. Gestion Humana

Directora Logística Regional Norte- ARL SURA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISCO – MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERA MECANICA

ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BUCARAMANGA

2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme tantas bendiciones que permitieran la realización de esta meta.

A mi esposa e hijo, por todo el apoyo que me han dado durante este camino.

A mis padres, por haberme dado las bases para que pueda realizar mis metas.

A mi directora de monografía, por todo el apoyo y la disposición para guiarme en el desarrollo de esta monografía.

Gracias,

Luis Eduardo Duran Mora

CONTENIDO

INTRODUCCION

1 ASPECTOS GENERALES	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 JUSTIFICACION	15
2 MARCO TEORICO	16
3 MARCO CONCEPTUAL	19
3.1 CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO.....	19
3.2 CLASES Y ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	20
3.2.1 Mantenimiento correctivo	20
3.2.2 Mantenimiento preventivo.....	21
3.2.3 Mantenimiento predictivo	21
3.2.4 Mantenimiento productivo total	22
3.2.5 Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	24
3.3 DEFINICION DE RIESGO.....	25
3.4 METODOLOGIA PARA ANALISIS DE CRITICIDAD BASADA EN EL RIESGO.....	26
4 ANALISIS DE CRITICIDAD PARA LOS EQUIPOS DE LA SEDE	33
4.1 CALCULO DE PROBABILIDAD DE FALLA DE EQUIPOS.....	34
4.2 CALCULO DE CONSECUENCIA DE FALLA DE EQUIPOS	37
4.3 CALCULO DE RIESGO Y ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.....	38

5	DESARROLLO DEL RCM	39
5.1	TAXONOMIA DE EQUIPOS.....	40
5.2	DATOS TECNICOS.....	44
5.3	CONDICIONES OPERACIONALES.....	45
5.4	CONDICIONES AMBIENTALES.....	47
5.5	FRONTERAS E INTERFASES.....	48
5.6	DEFINICION DE FUNCIONES.....	59
5.7	ANALISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA.....	62
6	DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	95
6.1	PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	95
6.2	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CON BASE EN EL ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA.....	96
6.3	ACTUALIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	98
7	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUALIZADO	101
7.1	PRESUPUESTO ACTUAL.....	101
7.2	PRESUPUESTO PROYECTADO DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.....	103
7.3	ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS.....	104
8	CONCLUSIONES	106
9	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFIA	108

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 SEDE SEGURO SURA BARRANQUILLA	13
Figura 2 Clasificación de equipos según la ISO 14224.....	25
Figura 3 Criterio de probabilidad de ocurrencia de falla por año	27
Figura 4 Programa SAP - Transacción IW28.....	28
Figura 5 SAP- Definición de Rango de Fechas	28
Figura 6 Grupos de Equipos	29
Figura 7 Selección de Grupos de Equipos.....	30
Figura 8 Selección de Ubicación.....	30
Figura 9 Exportar a Excel	31
Figura 10 Criterios de consecuencia.....	32
Figura 11 Numero de fallas por año según listado de equipos	34
Figura 12 Numero de fallas por grupo de equipos	35
Figura 13 Datos de avisos correctivos para portones	35
Figura 14 Explicación y ejemplo de taxonomía de equipos	41
Figura 15 Equipo Evaporadora - Sistema AA	49
Figura 16 Equipo Condensadora - Sistema AA	50
Figura 17 Sistema Ascensor.....	51
Figura 18 Sistema Nevera	52
Figura 19 Sistema Dispensador.....	52
Figura 20 Sistema Planta Eléctrica	53
Figura 21 Sistema Sub Estación Eléctrica	54
Figura 22 Equipo Motor Eléctrico - Sistemas bombeo agua potable y Red Contra Incendio	55
Figura 23 Equipo Bomba - Sistemas bombeo agua potable y Red Contra Incendio	56
Figura 24 Sistemas Tanques Agua.....	57
Figura 25 Sistema Cerca Eléctrica.....	57
Figura 26 Sistema Portones	58

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de Criticidad	33
Tabla 2 Datos de fallas x año y su probabilidad de ocurrencia.....	36
Tabla 3 Matriz de cálculo de consecuencia	37
Tabla 4 Criticidad de Sistemas y/o Equipos.....	39
Tabla 5 Taxonomía de sistemas y/o equipos según ubicación.....	42
Tabla 6 Taxonomía de componentes por sistemas y/o equipos	43
Tabla 7 Datos Técnicos de Sistemas y Equipos.....	44
Tabla 8 Condiciones operacionales por sistema.....	45
Tabla 9 Condiciones Ambientales de Sistemas	48
Tabla 10 Funciones de equipos.....	60
Tabla 11 Modos y Efectos de Falla Sistemas y equipos.....	63
Tabla 12 Matriz de análisis de modos y efectos de fallas	77
Tabla 13 Estrategia de Mantenimiento por Modo de Falla Según Criticidad	91
Tabla 14 Resumen Matriz Estrategia Mantenimiento por falla Según Criticidad ...	94
Tabla 15 Plan de Mantenimiento Actual	96
Tabla 16 Actividades de Mantenimiento según AMEF - RCM	97
Tabla 17 Plan de Mantenimiento Actualizado RCM.....	99
Tabla 18 Matriz de valores de contratos por contratista de mantenimiento	102
Tabla 19 Presupuesto Proyectado del Plan de Mantenimiento Actualizado RCM	103
Tabla 20 Análisis de costos entre los planes de mantenimiento actual y propuesto RCM.....	104

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA SEDE DE SEGUROS SURA BARRANQUILLA*

AUTOR: LUIS EDUARDO DURAN MORA**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, EDIFICACIONES, CRITICIDAD, RIESGO, MANTENIMIENTO.

DESCRIPCION O CONTENIDO:

Esta monografía tiene como objetivo principal, proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, para realizar una optimización del presupuesto de mantenimiento de la sede de SEGUROS SURA, sin afectar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Se realizará una revisión de conceptos y marcos teóricos para poder enfocar al lector y brindarle mayor claridad sobre algunos conceptos sobre los cuales se desarrollará la monografía. Se desarrollará una metodología producto de combinaciones de bibliografía revisada, lo que lleva inicialmente realizar un análisis de criticidad de los equipos para cerrar el conjunto de estudio y sobre el cual aplicar el RCM.

Se aplicará la metodología de RCM, basándose principalmente el desarrollo del análisis de modos y efectos de falla, con el objetivo de luego definir las frecuencias y estrategias de mantenimiento optimas en pro de generar un ahorro sin afectar la confiabilidad. Se realizará un análisis comparativo entre el plan de mantenimiento actual y el plan propuesto para validar que efectivamente se genere un ahorro que motive la implementación de este.

Al final de esta monografía, se genera el principal producto que es una propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la sede, que generar un ahorro en el presupuesto; pero también se generar un sub producto que es una metodología que pueda replicar el análisis a las diferentes sedes, con lo que le impacto de este documento se maximizara.

* Monografía

** Facultad de ingenierías Fisco – Mecánicas. Especialización en gerencia del mantenimiento.
Director: Martha Cecilia Vitola. Ing. Industrial, Esp.

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE PROPOSAL OF A PLAN FOCUSED ON RELIABILITY FOR SEGUROS SURA'S BUILDING IN BARRANQUILLA*

AUTHOR: LUIS EDUARDO DURAN MORA**

KEY WORDS: MAINTENANCE FOCUSED ON RELIABILITY, BUILDINGS, CRITICITY, RISK, MAINTENANCE.

DESCRIPTION OR CONTENT:

The main objective of this monograph is to propose a reliability maintenance plan to optimize the maintenance budget of the SEGUROS SURA headquarters, without affecting the availability and reliability of the equipment.

A review of concepts and theoretical frameworks was carried out in order to focus the reader and provide greater clarity on some concepts on which the monograph will be developed. A methodology based on combinations of reviewed bibliography is developed, which is carried out a critical analysis of the equipment to close the study set and on which the RCM is applied.

The RCM methodology will be applied, which is mainly based on the development of the failure mode and effects analysis, with the objective of defining the optimal maintenance characteristics and strategies in order to generate savings without affecting the reliability. A comparative analysis was made between the current maintenance plan and the proposed plan to validate that a saving is actually generated that motivates the implementation of this plan.

At the end of this monograph, the main product is generated, which is a proposal for a maintenance plan focused on reliability for the headquarters, which generates savings in the budget; but you can also generate a sub product that is a methodology that can do the analysis of the different parts, with which the impact of this document will be maximized.

* Monograph

** Faculty of Engineering - Mechanics. Specialization in maintenance management.
Director: Martha Cecilia Vitola. Ing. Industrial, Esp.

INTRODUCCION

Suramericana es una empresa holding de capital colombiano, que cuenta con inversiones en diferentes sectores. Dentro de una de sus inversiones esta Seguros de riesgos Laborales Suramericana S.A (ARL SURA), la cual tiene como objetivo satisfacer las necesidades de protección y riesgos del trabajo.

Dentro de la ARL está la gerencia de logística y sus regionales, un área transversal a todas las unidades de negocio que brinda soporte técnico en cuanto a proyectos de obra y mantenimientos. Con el objetivo de optimar recursos en el presupuesto de mantenimiento, se está desarrollando una prueba piloto para migrar del mantenimiento preventivo al predictivo y por condición de equipos críticos, garantizando el mismo nivel de disponibilidad y confiabilidad de los equipos, pero disminuyendo los costos.

Esta monografía propone un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la sede de seguros en barranquilla, que es uno de los edificios donde se desarrolla el plan piloto; con el objetivo de analizar esta implementación desde la parte técnica y económica, dejando definido las tareas y garantizando que estas otorguen el nivel de confiabilidad esperados.

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La sede de seguros en barranquilla, es un proyecto que se construyó durante los años 2010 y 2011 y cuyo objetivo es brindar unas instalaciones que permitan y garanticen la operación con el mayor confort posible, de varias áreas de la compañía principalmente la de seguros generales; para lo cual la sede cuenta con varios sistemas de equipos de apoyo como un sistema de acondicionamiento de aire de una capacidad de 150 T.R.* , una sub estación eléctrica de capacidad 500kVA, una planta eléctrica de 500kVA, red contra incendio, sistema de bombeo de agua potable y la imagen de la estructura que para SURA y su política de imagen es de un alto nivel de importancia.

Figura 1 SEDE SEGURO SURA BARRANQUILLA



Fuente: <http://instey.com/segurossura>

* T.R.: Toneladas de Refrigeración, 1 T.R. corresponde a 12000BTU/h

Actualmente el plan de mantenimiento está basado en la estrategia del preventivo para todos los equipos. Dada la alta disponibilidad que manejan los equipos, el mantenimiento preventivo acarrea un gasto a veces innecesario en visitas de contratistas para realizar tareas de mantenimiento con frecuencias sobre ejecutadas y cambio de repuestos con vida útil remanente. Por lo que la compañía decidió implementar un plan piloto para cambiar esta estrategia y migrar a una estrategia predictiva que en base a la condición pueda anticipar una falla y disminuir la frecuencia de visitas y cambio de repuestos. Pero esta decisión ha sido tomada sin un análisis previo que no solo corrobore el ahorro propuesto, sino que tampoco se ha analizado si el predictivo puede ser implementado en todos los equipos del edificio.

Por esta razón, se propone un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la sede de seguro, que sea modelo para desarrollar el plan de mantenimiento de las demás sedes en toda la regional y sustentar el cambio de estrategia, buscando dar una base teórica y confirmar el ahorro en el propuesto de mantenimientos programados del 15% que este cambio traería.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general. Proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la sede de SEGUROS SURA en barranquilla que permita un ahorro mínimo del 15% en el presupuesto de mantenimiento actual.

1.2.2 Objetivos específicos, son los siguientes:

- Determinar los sistemas y equipos más críticos de la sede de seguro sura.
- Realizar un análisis de modos y efectos de falla de los equipos más críticos.
- Determinar las actividades de mantenimiento más críticas de los equipos críticos.
- Actualización del plan de mantenimiento de la sede aplicando la matriz de criticidad para la toma de decisión.
- Realizar un análisis comparativo de costos de la actualización del plan de mantenimiento actualizado.

1.3 JUSTIFICACION

Debido a la alta disponibilidad que manejan los equipos en la sede de seguro y el alto costo de los mantenimientos preventivos debido a que son ejecutado por terceros, esta monografía pretende ofrecer una base teórica que sustente las intenciones de la compañía de cambiar la estrategia actual de mantenimiento; al proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad que genere un ahorro mínimo de un 15% en el presupuesto de mantenimiento.

La propuesta tendrá aplicación en la sede de seguro en barranquilla, pero debido a la semejanza en las sedes de todas las unidades de negocio, esta propuesta de plan de mantenimiento podría tener aplicación en todas con los ajustes pertinentes, teniendo en cuenta que hay sedes que son hospitales.

2 MARCO TEORICO

La palabra mantenimiento está ligada a cualquier objeto creado por el hombre que cumpla una función, ya este objeto desde su concepción tiene una vida útil que depende de los materiales de construcción y para prolongar esta vida útil se han desarrollado técnicas en el transcurso del tiempo las cuales ha contribuido con esta intención. Se podría fijar un la línea tiempo un punto para ligar la palabra mantenimiento a las maquinas, es conveniente entonces que este punto de partida sea la revolución industrial a finales del siglo XVIII, es en este siglo donde se desarrollan las tecnologías como máquinas de vapor, de combustión interna y la energía eléctrica, que permitieron forjar el nuevo modelo económico que moldeó el mundo moderno; estas tecnologías tendrán aplicabilidad en las diferentes industrias como textil con las máquinas de hilar, los tractores en el sector agrario, transportes como el ferrocarril y barcos a vapor, energética con el bombillo incandescente, donde las maquinas fueron el centro de atención de los inversionistas.

Pese a todo el desarrollo que se experimentaba, se podría decir que el mundo aún no estaba no lo suficientemente conectado ni estandarizado como para poder permitir cambios de piezas originales, mejoras o modificaciones por el diseñador y reparaciones técnicas; por lo que, para muchos empresarios, para poder obtener retornos de las inversiones depositadas en las máquinas, debían darles uso a estas hasta que los componentes se dañaran y era en este punto cuando se realizaban reparaciones inapropiadas por la carencia de personal capacitado, acceso a repuestos, calidades deficientes y muy poco soporte. Se puede decir entonces, que, durante este periodo, finales del siglo XVIII y principio del siglo XIX, el mantenimiento era correctivo, donde se permitía a la máquina trabajar hasta la falla, porque existía una baja demanda y dificultades en acceso de repuestos y mano de obra calificada.

Durante el principio del XIX surge una nueva forma de producción, el más claro y conocido ejemplo de esto el del empresario Henry Ford que logro inundar el

mercado norteamericano con su famoso carro modelo T gracias a su producción en masa que logro disminuir costos permitiendo su venta a la mayoría de las personas y una alta producción logrando la fabricación diaria en 1000 y 4000 mil unidades antes de la primera guerra mundial.

Esta producción en masa también se aplicaba la producción de máquinas y repuestos, que junto con el desarrollo de nuevas tecnologías como la aviación y el teléfono hicieron más “pequeño” el mundo, permitiendo el acceso a los repuestos y la comunicación con fabricantes de máquinas; sumado a esto el desarrollo educativo y técnico permitió a los industriales en definir una nueva estrategia de mantenimiento para sus máquinas, las cuales ahora debido a la demanda de productos y la cadena en serie de producción, no les era permitido que una máquina fallara. Es en este punto de la historia, donde la abundancia de recursos y un nuevo mundo conectado, podemos hablar de mantenimiento preventivo, donde se cambiaban piezas de forma programada según indicaciones del proveedor para evitar una falla del componente que afectara la producción y la integridad del resto de la máquina.

A mediados del siglo XIX, en los años 60, posterior a la segunda guerra mundial; la industria del Japón comienza a desarrollar una filosofía de producción para lograr su recuperación económica, con basen en las 5 S's y 8 pilares o herramientas como lo son mejoras enfocadas, gestión de la calidad, mantenimiento autónomo y el mantenimiento planeado entre algunas; se le denomino a este conjunto mantenimiento productivo total o más conocido T.P.M.

Dentro del pilar de mantenimiento planeado, se desarrollaron técnicas para mitigar el desperdicio del tiempo principalmente cuando se realizaban mantenimientos preventivos, una de las principales preguntas era si realmente se necesitaba cambiar los componentes si aún era evidente que podían durar más tiempo funcionando, por lo que se desarrollaron técnicas de análisis de vibraciones mecánicas, termografía y tribología que permitían conocer el estado de las máquinas, realizarles un seguimiento y predecir su falla, logrando optimar las

frecuencias de mantenimientos preventivos. A esta nueva forma de mantenimiento se le denominó mantenimiento predictivo, donde los ingenieros buscan con base en análisis de comportamientos físicos y estadística predecir la falla y determinar el punto óptimo entre los costos de producción y gastos de reparación, para poder hacer el mantenimiento.

De igual manera, entre los años 70 y los 80, pero en el contexto de la seguridad aeronáutica civil, se desarrollaba otra filosofía del mantenimiento, que tenía su justificación en el alto índice de accidentalidad de los aviones en aquella época. Esta filosofía les permitiría a las personas a determinar las estrategias más adecuadas que les permitieran gestionar de una manera óptima los recursos sin descuidar la confiabilidad de los equipos, una optimización al mantenimiento planeado.

Es en el año de 1978 cuando por la solicitud del gobierno estadounidense los ingenieros Stanley Nowlan y Howard Heap ambos trabajadores de la United Airlines, publican el reporte "RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE" (mantenimiento centrado en la confiabilidad). Una de las derivaciones de esta filosofía la aplicó John Moubray en otras industrias como la minera y manufacturera, desarrollando para los años 90 el RCM2 que es básicamente la aplicación del RCM en otras industrias. En estos estudios lo que se estableció dentro de la filosofía del RCM2 era el análisis funcional, los modos y efectos de falla, el riesgo y sus niveles de tolerancia, la jerarquización de los activos, herramientas de análisis y búsqueda de falla como el análisis de causa raíz.

En resumen se puede realizar una división en la línea del tiempo y establecer 3 generaciones del desarrollo del mantenimiento, la primera generación estableciendo punto de partida desde la revolución industrial en finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, donde el mantenimiento era reparar cuando se presentaba la falla; la segunda generación en el siglo XIX entre los años 30 y 60, donde el mantenimiento era controlado y programado; y por último la tercera generación desde los años 60 hasta el principios del siglo XX, donde el

mantenimiento es monitoreado y planeado en base a la condición, teniendo en cuenta el riesgo sin afectar la confiabilidad y apuntando a la optimización del gasto.

3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento en general se puede definir como el procedimiento o conjunto de acciones que realizan las personas para preservar y/o restaurar el estado inicial de los objetos, máquinas, infraestructura, medio ambiente, tecnología y cualquier otro artículo que cumpla una función específica.

El mantenimiento comprende actividades tan sencillas u cotidianas a todas las personas, como lo son la limpieza, todos hemos en alguna etapa de la vida limpiado un área del hogar o el escritorio de la oficina, o un juguete, incluso se puede decir que nos hacemos mantenimiento a diario al bañarnos, cuando vamos al médico porque sentimos un dolor, o cuando vamos al gimnasio.

En el sector industrial podemos decir que el mantenimiento son todas aquellas acciones que realizan el personal técnico para preservar y/o restaurar la condición inicial o función de una máquina y/o componente. Teniendo en cuenta el equilibrio entre la producción y los tiempos de mantenimiento, para lo cual se implementan diferentes estrategias y clases de mantenimiento.

3.2 CLASES Y ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

3.2.1 Mantenimiento correctivo. Es el que preserva la vida útil de las máquinas y/o componentes reparando las fallas o averías presentadas, es decir, cuando se ha perdido la funcionalidad y se necesita recobrar la operatividad del activo. Ejemplo de un mantenimiento correctivo es cuando cambiamos el vidrio roto de una ventana, la ventana a perdió su capacidad de realizar su función de aislar un recinto interior de un ambiente exterior, su componente el vidrio debe ser cambiado para recorvar esta función.

Dentro de esta clase de mantenimiento podemos encontrar dos tipos de correctivos, el de contingencia y el programado; el correctivo de contingencia es aquel imprevisto que afecta directamente la funcionalidad del activo y que debe ser reparado mentidamente, en la industria son los mantenimientos que se busca eliminar porque afectan la productividad de las empresas y muchas veces acarrear un alto gasto en las reparaciones. El otro tipo, el programado es aquel mantenimiento necesidad surge a partir de una falla que no afecta la funcionalidad del activo, pero que de no realizarse puede incurrir en una afectación a la funcionalidad, para el ejemplo de la ventana podría ser una grieta en el vidrio, el componente el vidrio, tiene una condición que pone en riesgo su integridad por lo cual debe ser cambiado, pero aun el equipo la ventana puede desempeñar su función.

3.2.2 Mantenimiento preventivo. Esta clase mantenimiento busca preservar la condición inicial de los equipos, previniendo las fallas imprevistas, anticipándose al fin de la vida útil de los componentes y cambiándolos con base en una frecuencia que dentro de una estadística ha demostrado una probabilidad de falla casi del cero por ciento. Un buen ejemplo de esto, es cuando cambiamos el aceite del carro según la frecuencia indicada del fabricante en kilometraje, si bien podemos observar que el aceite sale limpio, el cambio con base en esta frecuencia nos mantendrá dentro de un promedio estadístico que mitigara o evitara el deterioro prematuro de las piezas del motor del vehículo y permitirá la prolongación de la vida útil de este. La desventaja de esta clase de mantenimiento radica principalmente en el valor o gasto de realizarlo según la frecuencia establecida, ya que no se tiene en cuenta la vida útil remanente del componente o repuesto, por lo que se puede incurrir en cambios innecesarios, impidiendo la optimización de la función costo beneficio.

3.2.3 Mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo es aquel que busca preservar la condición inicial del equipo prediciendo y corrigiendo la falla en punto óptimo, con base en el análisis del comportamiento usando las herramientas como análisis de vibraciones mecánicas, tribología y termografías entre otras. Un ejemplo claro se da en la industria cuando a través del análisis de las vibraciones mecánicas se logra identificar un desalineamiento en el acople de un eje o un desajuste en perno de anclaje que permita la fatiga de componentes provocando una falla. El principal problema con esta clase de mantenimiento es su aplicabilidad, ya que por utilizar técnicas de análisis complejas y cuyo personal es altamente calificado, su costo no permite su implementación en todos los equipos, ya que el valor podría en algunos casos superar el valor inicial del activo.

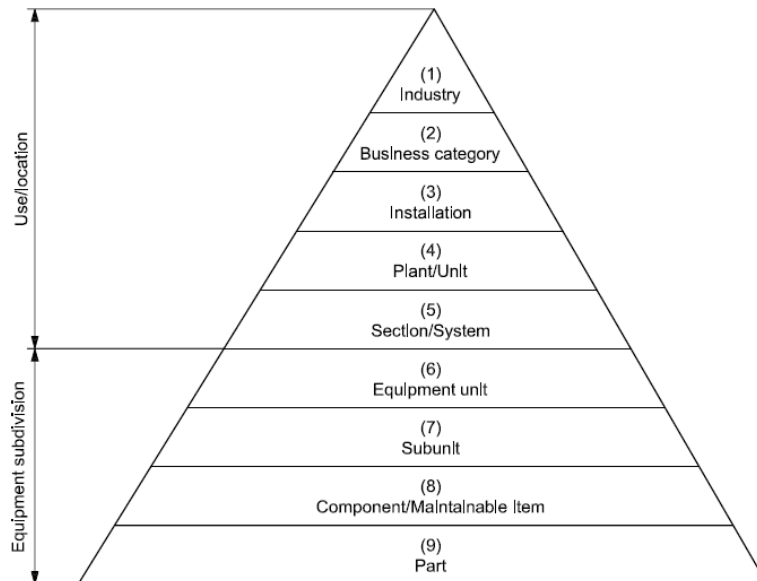
3.2.4 Mantenimiento productivo total. Esta estrategia de mantenimiento busca la producción total evitando paradas inesperadas debidas a la condición de los equipos, busca mantener los equipos en función de dar la máxima producción con la calidad deseada, evitando las fallas no programadas. Para lograr propone 3 condiciones que son, cero averías, es decir evitar las fallas no programadas; cero tiempos muertos, buscar reducir a cero los tiempos en la logística tanto en mantenimiento como producción; cero defectos, que la calidad del producto no se vea afectada por condiciones anormales de los equipos. Tiene su fundamento en el concepto de las 5 S's que tienen como objetivo generar eficiencia en los centros de trabajo de las personas. El proceso inicia con la clasificación, es decir, eliminar lo que no se utiliza o es necesario para la labor. Lo segundo es el orden, ordenar cada objeto de manera que sea fácil su acceso y ubicación. Lo tercero es la limpieza, el aseo es parte fundamental para la seguridad e identificación de anomalías. Cuarto, es la preservación o estandarización de los tres primeros pasos, clasificación, orden y aseo. Por último, el quinto paso es la disciplina que busca el cumplimiento de las normas y estándares (paso 4) buscando las mejoras enfocadas. Luego de las 5S's están los 8 pilares del T.P.M. que son: primero, las mejoras enfocadas, que busca reducir el desperdicio en general, desperdicio de recurso, de tiempo, de materiales, etc. Segundo, el mantenimiento autónomo, que busca hacer partícipe al operario en la ejecución de rutinas de mantenimiento basadas en la limpieza, lubricación, inspección como reportar adecuadamente las fallas y ajuste como realizar los cambios de formatos menores. Tercero, el mantenimiento planeado, busca fortalecer el mantenimiento preventivo y correctivo programado, hasta lograr la disminución casi absoluta de las fallas imprevistas. Cuarto, el mantenimiento de la calidad, busca tener claridad sobre las tolerancias en la calidad del producto, definiendo por qué las fallas en la calidad del producto, definiendo si es por la máquina, por el material, por el método o por la mano de obra. Quinto, control inicial o gestión anticipada, busca el desarrollo, mejora y/o adquisición de nuevos equipos y mitigar las correcciones posteriores a la puesta en marcha de estos equipos o luego de una intervención mayor. Sexto, educación y entrenamiento, identificar las

necesidades de formación del personal, implantar planes para el desarrollo de estas y liderar el proceso. Séptimo, Eficiencia administrativa, busca crear sinergia e interacción eficiente entre los procesos para disminuir tiempos muertos y costos. Octavo, seguridad y gestión ambiental, que busca disminuir los accidentes con base en la cultura del autocuidado y mitigar el impacto ambiental del proceso de producción.

3.2.5 Mantenimiento centrado en confiabilidad. Esta estrategia de mantenimiento busca el desarrollo lógico de los programas de mantenimiento, con el objetivo de aumentar la confiabilidad de los equipos para cumplir con las funciones para las cuales fueron diseñados, ejecutándolo al mínimo costo posible. Cada tarea de un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad, está diseñada para una específica y explícita razón. Se analizan las consecuencias de cada posible falla y estas se clasifican según el impacto que generen, principalmente si este impacto afecta negativamente la seguridad operacional del equipo o la economía del negocio. Todas las actividades también son analizadas de manera que tengan fácil aplicabilidad y efectividad sobre el equipo. Dentro de los análisis que desarrolla el R.C.M. está identificar la función principal y funciones secundarias del equipo o componente, luego implementa el análisis modos y efectos de fallas que es, como se mencionó anteriormente, identificar todos los posibles modos de fallas del equipo o componente, los efectos de cada uno de estos modos de falla sobre la funcionalidad del equipo, todo este análisis con la premisa de que estas fallas deben ser adjudicadas a la falta o negligencia en el proceso de mantenimiento. Su implementación se basa en la respuesta de 7 preguntas, que según la norma SAE – J1739/JA 1011 son: 1- ¿Cuál es la función en su situación actual de operación?, es decir, lo que se espera que la máquina haga. 2- ¿Cuál es la falla funcional?, descripción de la falla que afecta la función del equipo. 3- ¿Cuál es el modo de falla?, que pudo causar la falla funcional. 4- ¿Cuál es el efecto de la falla?, que pasa cuando falla. 5- ¿Cuál es la consecuencia de la falla?, la razón por la que este modo de falla es importante para la operación. 6- ¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?, es decir, detallar las actividades necesarias para mitigar la probabilidad de la falla. 7- ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?, recurrir a planes de contingencia y prevención para cuando tenga ocurrencia la falla. Otro de los requisitos para la implementación del R.C.M. es la taxonomía o clasificación de los equipos, que según la ISO 14224 del 2006, es la clasificación sistemática de elementos en grupos genéricos, basada en factores posiblemente comunes a varios

de los artículos. La norma nos provee de una pirámide para estandariza el proceso de calificación dentro de la industria como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 2 Clasificación de equipos según la ISO 14224



Fuente: INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14224 - SECOND EDITION.

Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. 15 de 12 de 2006.

Al final de la implementación del R.C.M. se obtiene un plan mantenimiento con tareas definidas y frecuencias establecidas.

3.3 DEFINICION DE RIESGO

Según la norma ISO 14224 del 2006, el riesgo es un término de uso general para expresar la combinación de la probabilidad de que un evento peligroso específico ocurrirá y las consecuencias de ese evento. Usando esta definición, el nivel de riesgo puede ser establecido al estimar la probabilidad del evento peligroso que

puede ocurrir y la consecuencia que se puede esperar al suceder. Este término es una función probabilística y se puede definir de la siguiente forma:

$$R(t) = P(t) * C$$

Donde P(t) es la probabilidad de ocurrencia del evento y la C es la consecuencia de este.

3.4 METODOLOGIA PARA ANALISIS DE CRITICIDAD BASADA EN EL RIESGO

La metodología que se desarrollara para realizar el análisis de criticidad basada en el riesgo es la siguiente:

1. Calculo de la probabilidad de ocurrencia de falla de todos los sistemas y/o equipos.
2. Calculo de la consecuencia que producirá la falla del sistema y/o equipo.
3. Calculo del nivel de riesgo
4. Análisis de la criticidad

Para el primer paso, el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de falla, se utilizarán las bases de datos de SURA del programa de mantenimiento SAP, para extraer las fallas en intervalo de tiempo de un año y se utilizara el siguiente criterio:

Figura 3 Criterio de probabilidad de ocurrencia de falla por año

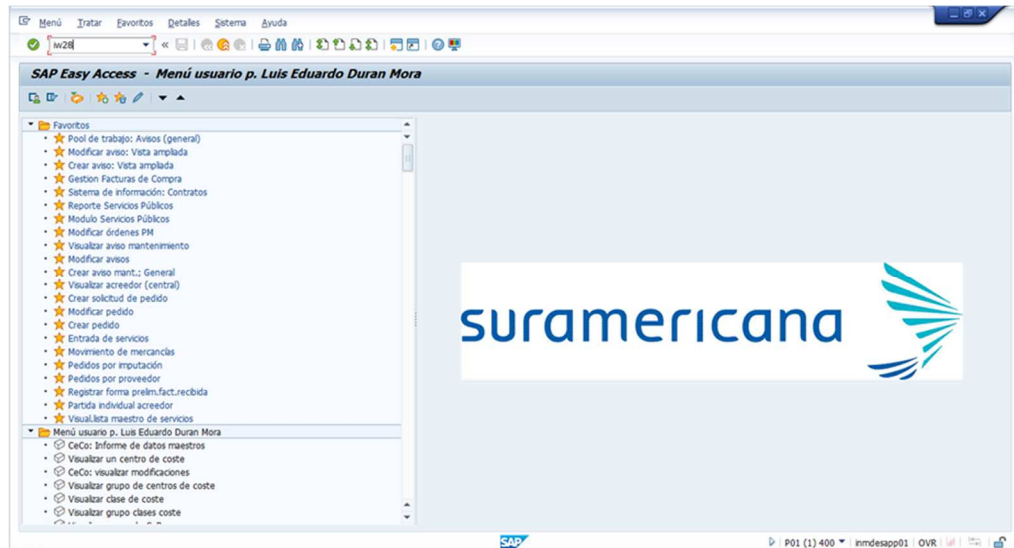
A	B	C
100% < X < 60%	59% < X < 30%	29% < X < 0%
PROBABILIDAD DE FALLA MAYOR A 8 POR AÑO	PROBABILIDAD DE FALLA ENTRE 4 Y 7 VECES POR AÑO	PROBABILIDAD DE FALLA MENOR 3 VECES POR AÑO

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Forma de extracción de datos del SAP:

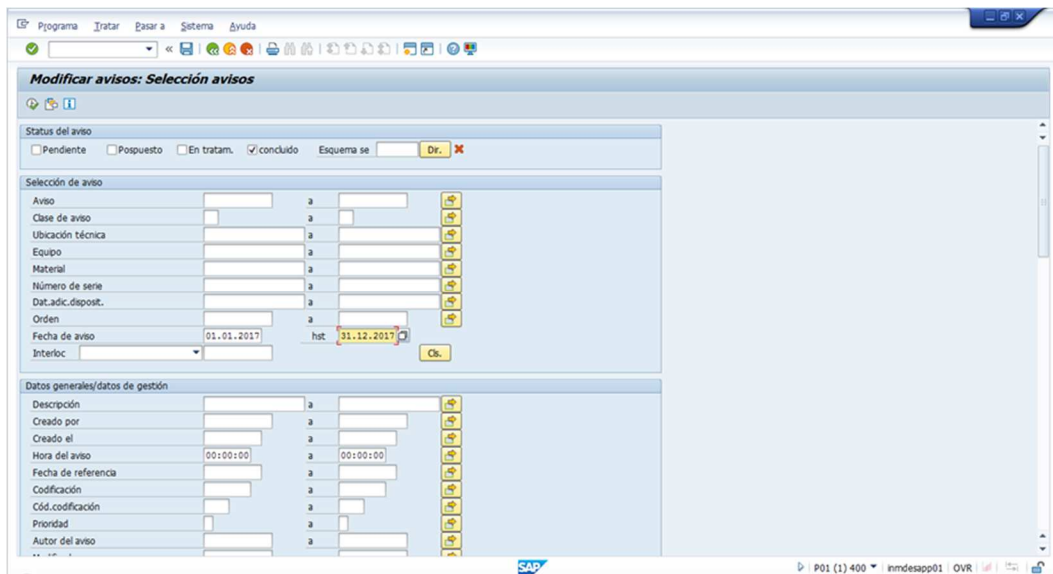
Se abre el programa SAP, se ingresa a la transacción IW28 que hace parte del módulo de mantenimiento de equipos y nos arroja el historial de los mantenimientos correctivos de los equipos, procedemos a definir el intervalo de fechas, luego con base en la figura 6, seleccionamos los grupos de equipos que deseamos revisar, seleccionamos la ubicación que para el caso es la sede de SEGUROS SURA ubicado en la Carrera 51B # 84 – 155 en barranquilla y cuyo centro de costo es 100035000, se ejecuta la transacción y se extraen los datos en Excel. A estos datos en Excel se le aplican tablas dinámicas para enfocar e identificar la información que se necesitara.

Figura 4 Programa SAP - Transacción IW28



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Figura 5 SAP- Definición de Rango de Fechas



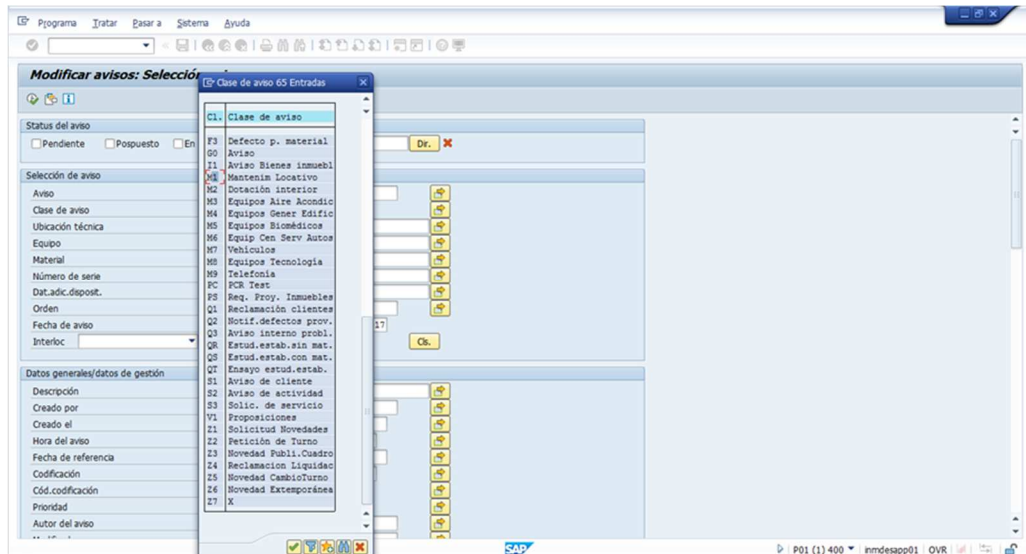
Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Figura 6 Grupos de Equipos

CLASES DE AVISO SAP- MODULO MANTENIMIENTO PM							
M1: Mantenimiento Localivo				M2: Dotación Interior			
Hidro-sanitario (plomería, grifería)	Fachadas	Ventanas	Solidudes sistema eléctricos, redes eléctricas regulada y normal	Sillas secretariales, operativas, intercombrtas, tandems	Electrodomésticos (dispensadores, horno microondas, nevera, grecas, cafeteras...)	Cerrajería	Módulos y panelería de oficinas
Humedades	Pisos	Vidrios	Cableado de voz y datos	Puestos de Trabajo	Mesas	Bibliotecas y Muebles de Madera	Gasodomeesticos.
Resanes muros	Zócalos	Puertas	Tanques de reserva de agua	Cajonera, Gabinetes o Archivadores	Persianas	Tableros	Vide o Beams
Pintura	Tapetes	Avisos fachada	canales y bajantes	Señalización	Cortinas, solar screen y Telones	Dispensas de cocina	Elementos de Sonido
Iluminación	Fumigación	Cielos y Techos		Extintores			
M3: Equipos Aire Acondicionado				M4: Equipos Generales de Edificio			
Equipos de Aire Acondicionado	Sistemas de Ventilación o Inyección	Sistemas de Extracción	Equipos Calefacción y Bombas de Calor	Plantas eléctricas	Ascensores	Red Contra incendio	Compresores de aire
Rejillas, Difusores, ductos de aire y Termóstatos				Subestaciones, transferencias y Transformadores	Sistemas de Bombeo	UPS e Inversores	Acondicionadores y Reguladores de Voltaje

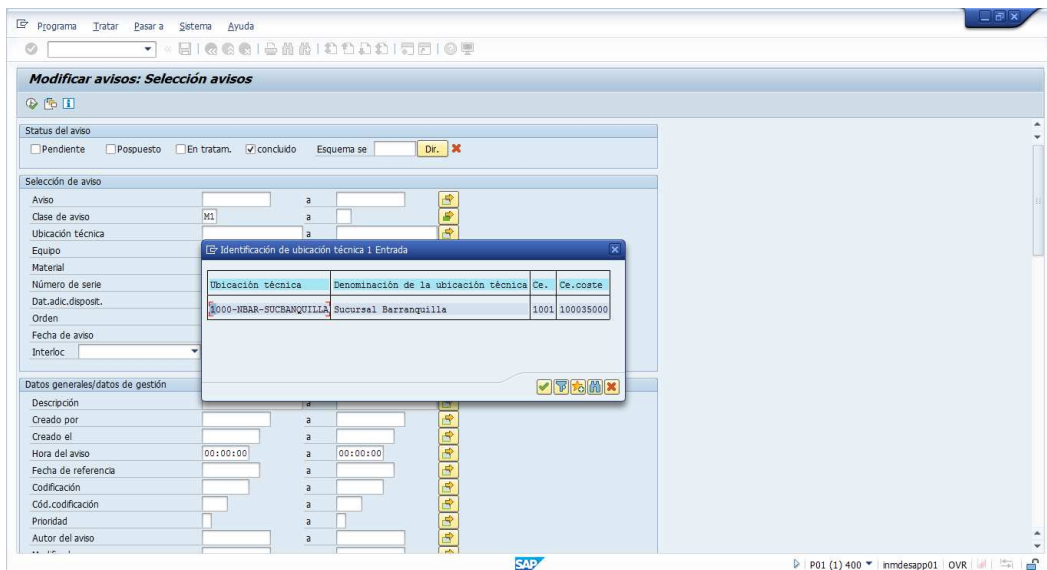
Fuente: Suramericana de Seguros S.A. Clases de aviso de Mantenimiento para SAP.

Figura 7 Selección de Grupos de Equipos



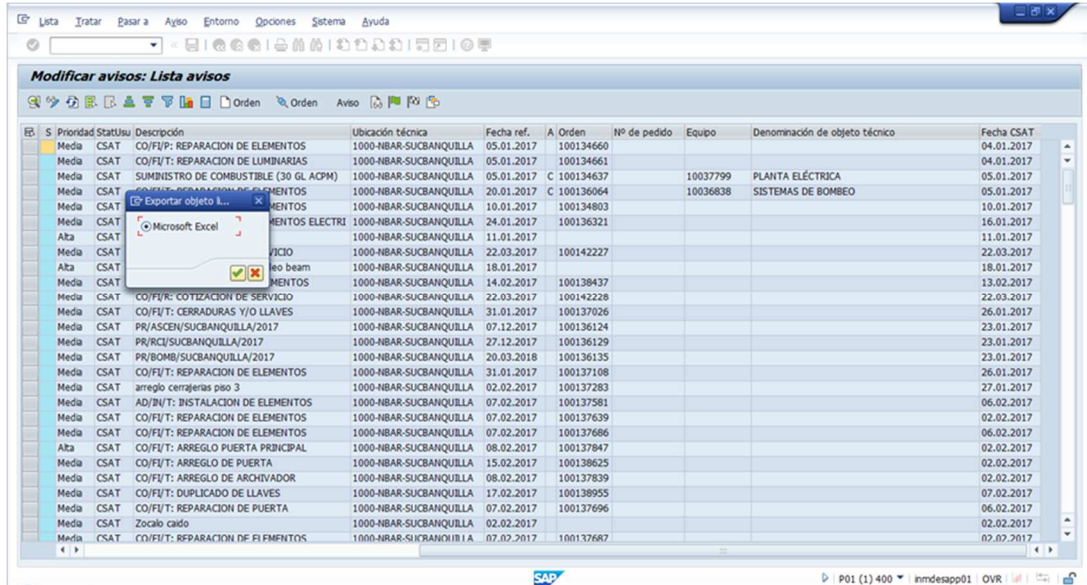
Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Figura 8 Selección de Ubicación



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Figura 9 Exportar a Excel



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Luego de obtener el número de fallas por año, se procede a calcular el tiempo promedio entre fallas o por sus siglas en inglés MTBF, el cual se define matemáticamente como el tiempo de operación entre el número de fallas; este resultado se traduce en un porcentaje equivalente para aplicar el criterio de la figura 3.

Para el paso 2, definiremos algunos criterios de consecuencias con base en el estándar ISO 17776 del 2000 y la ISO 14224 del 2006, como se muestra la siguiente figura:

Figura 10 Criterios de consecuencia

	CRITERIO	PESO PONDERADO	ALTA (A)	MEDIA (B)	BAJA (C)
T	OPERATIVIDAD	20	PARA TODA LA OPERACION DE LA SEDE POR MÁS DE 24 HORAS	PARA TODA LA OPERACION DE LA SEDE POR MENOS DE 24 HORAS Y MAS DE 8 HORAS	PARA TODA LA OPERACIÓN DE LA SEDE POR MENOS DE 8 HORAS
P	PRODUCTIVIDAD	20	REDUCCION DE LA OPERATIVIDAD EN MÁS DEL 50%	REDUCCION DE LA OPERATIVIDAD ENTRE 49% Y 20%	REDUCCION DE LA OPERATIVIDAD ENTRE UN 19% Y 0%
IC	IMAGEN/CALIDAD	30	AFECTA LA IMAGEN NACIONAL DEL GRUPO	AFECTA LA IMAGEN LOCAL DEL GRUPO	NO AFECTA
SG	SEGURIDAD	10	ACCIDENTES DE PERSONALES Y/O DAÑOS MATERIALES	INCIDENTES DE PERSONAS Y/O DAÑOS MATERIALES	NINGÚN RIESGO
MA	MEDIO AMBIENTE	10	IMPACTO AMBIENTAL, AMENAZA DE CIERRE DE LA SEDE	EXPOSICIÓN A RIESGOS MEDIOS AMBIENTES, NECESIDAD DE INVERSION	NINGÚN RIESGO
TO	TASA DE OCUPACIÓN	5	OPERA LAS 24HORAS DEL DIA, CLIENTES + PERSONAL PROPIO	OPERA EN HORARIO ADMINISTRATIVO, PERSONAL PROPIO	OCUPANTES ESPORADICOS
CM	COSTO MANTENIMIENTO	5	MAYORES A 5 MILLONES MLLV	ENTRE 5 MILLONES Y 1 MILLON MLLV	MENOR DE 1 MILLON MLLV
	TOTAL	100	100%	50%	10%

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

El tercer paso es aplicar la ecuación de riesgo para cada uno de los sistemas y equipos. El cuarto y último paso es definir con base en el nivel de riesgo, que equipos son críticos y cuales no para lo cual se establece el siguiente criterio:

Tabla 1 Nivel de Criticidad

CRITICIDAD ALTA	CRITICIDAD MEDIA	CRITICIDAD BAJA
$X \geq 10$	$9 \geq X \geq 1$	Igual a 0

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Al final de este análisis se tendrán cuáles son los equipos críticos a los cuales se les desarrollara un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad.

4 ANALISIS DE CRITICIDAD PARA LOS EQUIPOS DE LA SEDE

Para realizar el análisis de criticidad de los equipos de la sede se utilizarán todos los sistemas y equipos mantenibles omitiendo los grupos M1 que hace referencia a la parte locativa y solo algunos equipos del grupo M2, lo que no pertenezcan a mobiliario. Los equipos a analizar entonces serán los siguientes:

- Sistema de Aires Acondicionados
- Planta eléctrica
- Subestación eléctrica
- Sistema de bombeo agua potable
- Ascensores
- Neveras
- Equipos de Control de Plagas

- Extintores
- Cubiertas y bajantes
- Sistema de Tanques
- Ups
- Sistema Red Contra Incendio
- Cercas eléctricas, alambre y cerramiento
- Compactadores de basura
- Portones
- Dispensadores y ozonizadores
- Sistema de Aguas residuales

4.1 CALCULO DE PROBABILIDAD DE FALLA DE EQUIPOS

Con base en el listado de equipos mantenibles mencionado anterior mente, se procede a aplicar el paso 1de la metodología descrita. Del base de datos de SAP se obtiene los siguientes datos:

Figura 11 Numero de fallas por año según listado de equipos

Etiquetas de fila	Cuenta de Denominación
	206
AIRE ACONDICIONADO	7
ASCENSOR	3
DISPENSADOR	3
NO UTILIZAR	1
PLANTA ELÉCTRICA	8
RED CONTRA INCENDIO	1
SISTEMAS DE BOMBEO	6
SUBESTACIÓN	1
Total general	236

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Se puede observar que de la figura 11 que hay más datos de avisos correctivos en la sede que no son a causa de algunos de los equipos mantenibles mencionados, por lo que se procede a revisar por grupos de equipos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 12 Numero de fallas por grupo de equipos

Etiquetas de fila	Cuenta de Clase de aviso
M1	133
M2	69
M3	10
M4	24
Total general	236

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

De la figura 12 se puede evidenciar que la mayoría de avisos correctivos hacen parte del grupo M1 que equipos locativos, los cuales son paredes, pinturas, grifería, tuberías general y demás equipos que hacen parte de la infraestructura física de la sede pero que como se mencionó anteriormente no se analizarán. El siguiente grupo de avisos es el M2 que son dotación interior, dentro de este grupo podemos encontrar algunos equipos que hacen parte de la lista de equipos mantenibles previamente mencionada, por lo que se realiza un filtro a los datos obtenidos para identificarlos y contabilizarlos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 13 Datos de avisos correctivos para portones

Aviso	Fecha de avil	Regi	Código post	Status sisten	Clase de avil	Priorid	Status usuar	Descripción	Ubicac. técnica	Fecha re
10169805	2017/02/20/08		NORTE	MECE ORAS	M1	Media	CSAT	PR/PUERT.PORTON/SUCBANQUILLA/2017	1000-NBAR-SUCBANQUILLA	2017/10/16
10175834	2017/04/11/08		NORTE	MECE ORAS	M1	Alta	CSAT	CO/FI/T: CAMBIO DE CONTROL PORTON	1000-NBAR-SUCBANQUILLA	2017/05/18
10182503	2017/06/06/08		NORTE	MECE ORAS	M1	Media	CSAT	CO/FI/P:PORTON AVERIADO	1000-NBAR-SUCBANQUILLA	2017/06/08
10189002	2017/08/02/08		NORTE	MECE ORAS	M1	Media	CSAT	CO/MU/T: REVISION PORTON PARQUEADERO	1000-NBAR-SUCBANQUILLA	2017/08/22
10190882	2017/08/18/08		NORTE	MECE ORAS	M1	Media	CSAT	CO/FI/T: Daño de porton-AUT	1000-NBAR-SUCBANQUILLA	2017/10/10
10194406	2017/09/19/08		NORTE	MECE ORAS	M1	Media	CSAT	CO/VU/T:Porton con ruido-AUT	1000-NBAR-SUCBANQUILLA	2017/10/10
10202736	2017/11/29/08		NORTE	MECE ORAS	M1	Media	CSAT	CO/FI/T:Revisión de portones-SAL	1000-NBAR-SUCBANQUILLA	2017/12/12

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

De igual manera se procede a filtrar los demás equipos que no alcanzaron a ser identificado a través de la tabla dinámica y así poder completar los datos para

continuar con el análisis, hasta llegar a la tabla 2, la cual muestra el número de fallas ocurridas en el año 2017 por sistema y/o equipo, su MTBF y adicionalmente el resultado de la aplicación del criterio descrito en la figura 3:

Tabla 2 Datos de fallas x año y su probabilidad de ocurrencia

SISTEMA Y/O EQUIPO	FALLAS X AÑO	MTBF	PROBABILIDAD DE FALLA
Sistema de Aires Acondicionados	7	1.7	58%
Planta eléctrica	8	1.5	67%
Subestación eléctrica	1	12.0	8%
Sistema de bombeo agua potable	6	2.0	50%
Ascensores	3	4.0	25%
Neveras	3	4.0	25%
Equipos de Control de Plagas	0	0.0	0%
Extintores	0	0.0	0%
Cubiertas y bajantes	0	0.0	0%
Sistema de Tanques	2	6.0	17%
Ups	0	0.0	0%
Sistema Red Contra Incendio	1	12.0	8%
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	1	12.0	8%
Compactadores de basura	0	0.0	0%
Portones	7	1.7	58%
Dispensadores y ozonizadores	5	2.4	42%
Sistema de Aguas residuales	0	0.0	0%

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo

De la tabla anterior se puede evidenciar que la probabilidad de falla más alta es de la planta eléctrica.

4.2 CALCULO DE CONSECUENCIA DE FALLA DE EQUIPOS

Con base en la metodología descrita y el listado de equipos mantenibles, se genera un matriz en Excel y se aplica un algoritmo que tenga en consideración el criterio, con el objetivo de calcular la consecuencia de una falla funcional total de cada sistema y/o equipo, la matriz obtenida es la siguiente tabla:

Tabla 3 Matriz de cálculo de consecuencia

	20	20	30	10	10	5	5	
SISTEMA Y/O EQUIPO	OPERATIVIDAD	PRODUCTIVIDAD	IMAGEN/CALIDAD	SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE	TASA DE OCUPACIÓN	COSTO MANTENIMIENTO	CONSECUENCIA
Sistema de Aires Acondicionados	ALTA (A)	ALTA (A)	MEDIA (B)	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	BAJA (C)	60
Planta eléctrica	MEDIA (B)	MEDIA (B)	BAJA (C)	MEDIA (B)	ALTA (A)	BAJA (C)	MEDIA (B)	41
Subestación eléctrica	ALTA (A)	ALTA (A)	MEDIA (B)	ALTA (A)	ALTA (A)	BAJA (C)	ALTA (A)	80.5
Sistema de bombeo agua potable	ALTA (A)	ALTA (A)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	ALTA (A)	MEDIA (B)	52.5
Ascensores	BAJA (C)	ALTA (A)	BAJA (C)	ALTA (A)	BAJA (C)	MEDIA (B)	ALTA (A)	43.5
Neveras	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	10
Equipos de Control de Plagas	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	BAJA (C)	ALTA (A)	MEDIA (B)	BAJA (C)	33
Extintores	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	ALTA (A)	MEDIA (B)	BAJA (C)	BAJA (C)	23
Cubiertas y bajantes	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	12
Sistema de Tanques	BAJA (C)	MEDIA (B)	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	MEDIA (B)	BAJA (C)	24
Ups	MEDIA (B)	MEDIA (B)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	28
Sistema Red Contra Incendio	BAJA (C)	BAJA (C)	ALTA (A)	ALTA (A)	MEDIA (B)	BAJA (C)	ALTA (A)	54.5
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	10
Compactadores de basura	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	BAJA (C)	BAJA (C)	14
Portones	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	MEDIA (B)	BAJA (C)	MEDIA (B)	BAJA (C)	28
Dispensadores y ozonizadores	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	BAJA (C)	BAJA (C)	14
Sistema de Aguas residuales	BAJA (C)	BAJA (C)	MEDIA (B)	BAJA (C)	ALTA (A)	BAJA (C)	BAJA (C)	31

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

El algoritmo utilizado para calcular con base en el criterio mencionado en la figura 10 fue el siguiente:

$$Consecuencia = \sum_{n=Tasa\ de\ Ocupacion}^{i=operatividad} Peso\ ponderado * Criterio (\%)$$

Se puede evidenciar entonces que el equipo cuya falla funcional total produciría una mayor consecuencia en la sede es la sub estación eléctrica, efectivamente si el transformador fallara, todos los demás sistemas fallarían ya que depende de este; es por tal razón que existe la planta eléctrica y como se puede observar también hace parte de los equipos con una mayor consecuencia en caso de falla.

4.3 CALCULO DE RIESGO Y ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

Ahora se puede calcular el nivel riesgo de cada sistema y/o equipos y su porcentaje de criticidad sobre el total de ellos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4 Criticidad de Sistemas y/o Equipos

SISTEMA Y/O EQUIPO	PROBABILIDAD DE FALLA	CONSECUENCIA	RIESGO	% CRITICIDAD
Sistema de Aires Acondicionados	58%	60	35	25%
Planta eléctrica	67%	41	27	19%
Subestación eléctrica	8%	80.5	7	5%
Sistema de bombeo agua potable	50%	52.5	26	19%
Ascensores	25%	43.5	11	8%
Neveras	25%	10	3	2%
Equipos de Control de Plagas	0%	33	0	0%
Extintores	0%	23	0	0%
Cubiertas y bajantes	0%	12	0	0%
Sistema de Tanques	17%	24	4	3%
Ups	0%	28	0	0%
Sistema Red Contra Incendio	8%	54.5	5	3%
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	8%	10	1	1%
Compactadores de basura	0%	14	0	0%
Portones	58%	28	16	12%
Dispensadores y ozonizadores	42%	14	6	4%
Sistema de Aguas residuales	0%	31	0	0%
TOTAL			140	100%

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

De la tabla anterior y aplicando el criterio establecido en la tabla 1, se puede establecer criticidad de los sistemas y/o equipos según el nivel de riesgo de cada uno de ellos.

5 DESARROLLO DEL RCM

Se aplicará solo a los equipos cuya criticidad es media y alta, la siguiente metodología para el desarrollo del RCM:

1. TAXONOMIA DE EQUIPOS
2. DATOS TECNICOS
3. CONDICIONES OPERACIONALES

4. CONDICIONES AMBIENTALES
5. FRONTERAS E INTERFASES
6. DEFINICION DE FUNCIONES
7. ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

Para los demás equipos cuya criticada es baja, se puede definir una estrategia de tipo mantenimiento correctivo programado.

5.1 TAXONOMIA DE EQUIPOS

Se aplicará el modelo taxonómico donde aplique y con algunas modificaciones, basado en la ISO 14224 como se puede observas en la figura 2 y se puede observar la explicación de cada uno de los niveles en la figura14, para los siguientes equipos que como se menciona previamente su criticidad es media o alta:

- Sistema de Aires Acondicionados
- Planta eléctrica
- Subestación eléctrica
- Sistema de bombeo agua potable
- Ascensores
- Neveras
- Sistema de Tanques
- Sistema Red Contra Incendio
- Cercas eléctricas, alambre y cerramiento
- Portones
- Dispensadores y ozonizadores

Figura 14 Explicación y ejemplo de taxonomía de equipos

Table 2 — Taxonomic examples

Main category	Taxonomic level	Taxonomy hierarchy	Definition	Examples
Use/location data	1	Industry	Type of main industry	Petroleum, natural gas, petrochemical
	2	Business category	Type of business or processing stream	Upstream (E and P), midstream, downstream (refining), petrochemical
	3	Installation category	Type of facility	Oil/gas production, transportation, drilling, LNG, refinery, petrochemical (see Table A.1)
	4	Plant/Unit category	Type of plant/unit	Platform, semi-submersible, hydrocracker, ethylene cracker, polyethylene, acetic acid plant, methanol plant (see Table A.2)
	5	Section/System	Main section/system of the plant	Compression, natural gas, liquefaction, vacuum gas oil, methanol regeneration, oxidation section, reaction system, distillation section, tanker loading system (see Table A.3)
Equipment subdivision	6	Equipment class/unit	Class of similar equipment units. Each equipment class contains comparable equipment units (e.g. compressors).	Heat exchanger, compressor, piping, pump, boiler, gas turbine extruder, agitator, furnace, Xmas tree, blow-out preventer (see Table A.4)
	7	Subunit	A subsystem necessary for the equipment unit to function	Lubrication subunit, cooling subunit, control and monitoring, heating subunit, pelletizing subunit, quenching subunit, refrigeration subunit, reflux subunit, distributed control subunit
	8	Component/Maintainable item (MI) ^a	The group of parts of the equipment unit that are commonly maintained (repaired/restored) as a whole	Cooler, coupling, gearbox, lubrication oil pump, instrument loop, motor, valve, filter, pressure sensor, temperature sensor, electric circuit
	9	Part ^b	A single piece of equipment	Seal, tube, shell, impeller, gasket, filter plate, bolt, nut, etc.
^a For some types of equipment, there might not be a MI; e.g. if the equipment class is piping, there might be no MI, but the part could be "elbow".				
^b While this level can be useful in some cases, it is considered optional in this International Standard.				

Fuente: ISO, INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14224 - SECOND EDITION.
 Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of
 reliability and maintenance data for equipment. 15 de 12 de 2006.

La matriz taxonómica de los equipos más críticos de la sede queda de la siguiente forma:

Tabla 5 Taxonomía de sistemas y/o equipos según ubicación

NEGOCIO	UNIDAD DE NEGOCIO	TIPO DE SEDE	AREA	SISTEMA
GRUPOS SURA	SEGURO SURA	EDIFICIO ADMINISTRATIVO	TODOS LOS PISOS	Sistema de Aires Acondicionados
				Ascensores
				Neveras
				Dispensadores y ozonizadores
			SOTANO	Planta eléctrica
				Subestación eléctrica
				Sistema de bombeo agua potable
				Sistema de Tanques
				Sistema Red Contra Incendio
			EXTERIORES	Cercas eléctricas, alambre y cerramiento
Portones				

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Tabla 6 Taxonomía de componentes por sistemas y/o equipos

AREA	SISTEMA	EQUIPO	COMPONENTE
TODOS LOS PISOS	Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	VENTILADOR
			EVAPORADOR
			MOTOR
		CONDENSADORAS	VALVULA EXPANSION
			VENTILADOR
			CONDENSADOR
	Ascensores	MOTOR ELECTRICO	MOTOR ELECTRICO
		CABINA	CABINA
		TABLERO CONTROL	TABLERO CONTROL
	Neveras	NEVERA	NEVERA
Dispensadores y ozo	DISPENSADORES	DISPENSADORES	
SOTANO	Planta eléctrica	MOTOR	MOTOR COMBUSTION
		GENERADOR	GENERADOR
		TABLERO CONTROL	TRANSFERENCIA
	Subestación eléctrica	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR
		TABLERO CONTROL	TABLERO CONTROL
	Sistema de bombeo agua potable	MOTOBOMBAS	MOTOR ELECTRICO
		TUBERIAS	BOMBA CENTRIFUGA
		VALVULAS	TUBERIA
		CONTROL	VALVULAS
	Sistema de Tanques	TANQUE AGUA POTABLE	CONTROL
		TANQUE RCI	TANQUE AGUA POTABLE
		TANQUE ELEVADO	TANQUE RCI
	Sistema Red Contra Incendio	MOTOBOMBAS	MOTOR ELECTRICO
			BOMBA CENTRIFUGA
		TUBERIAS	TUBERIA
		VALVULAS	VALVULAS
		CONTROL	CONTROL
SENSORES	SENSORES		
EXTERIORES	Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	SENSORES DE MOVIMIENTO	SENSORES DE MOVIMIENTO
		CONTROL	CONTROL
	Portones	MOTOR	MOTOR ELECTRICO
		PUERTAS	PUERTAS
		CONTROL	CONTROL

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

5.2 DATOS TECNICOS

De la taxonomía anterior, se revisan los datos o fichas técnicas de cada uno de los sistemas y/o equipos, con el objetivo de conocer sus parámetros de diseño, como capacidades, consumos eléctricos, potencias, materiales, etc. y tener una claridad sobre sus características técnicas generales.

Tabla 7 Datos Técnicos de Sistemas y Equipos

SISTEMA	EQUIPO	COMPONENTE	TIPO	CAPACIDAD O POTENCIA	UNIDAD
Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	VENTILADOR	MECANICO	10X10	in
		EVAPORADOR	MECANICO	2000	CFM
		MOTOR	ELECTRICO	3/4.	HP
		VALVULA EXPANSION	MECANICO	3/8.	in
	CONDENSADORAS	VENTILADOR	MECANICO	30	in
		CONDENSADOR	MECANICO	60000	BTU/h
Ascensores	MOTOR ELECTRICO	MOTOR ELECTRICO	ELECTRICO	10	hp
	CABINA	CABINA	MECANICO	800	kg
	TABLERO CONTROL	TABLERO CONTROL	ELECTRICO	36	mpm
Neveras	NEVERA	NEVERA	ELECTRICO	34	kw
Dispensadores y ozo	DISPENSADORES	DISPENSADORES	ELECTRICO	15	kw
Planta eléctrica	MOTOR	MOTOR COMBUSTION	MECANICO	50	HP
	GENERADOR	GENERADOR	ELECTRICO	500	KVA
	TABLERO CONTROL	TRANSFERENCIA	ELECTRICO	1000	Amp
Subestación eléctrica	TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR	ELECTRICO	500	KVA
	TABLERO CONTROL	TABLERO CONTROL	ELECTRICO	1000	Amp
Sistema de bombeo agua potable	MOTOBOMBAS	MOTOR ELECTRICO	ELECTRICO	2	hp
		BOMBA CENTRIFUGA	MECANICO	88	GPM
	TUBERIAS	TUBERIA	MECANICO	2	in
	VALVULAS	VALVULAS	MECANICO	2	in
CONTROL	CONTROL	ELECTRICO	110	voltios	
Sistema de Tanques	TANQUE AGUA POTABLE	TANQUE AGUA POTABLE	MECANICO	10	m3
	TANQUE RCI	TANQUE RCI	MECANICO	10	m3
	TANQUE ELEVADO	TANQUE ELEVADO	MECANICO	10	m3
Sistema Red Contra Incendio	MOTOBOMBAS	MOTOR ELECTRICO	ELECTRICO	10	hp
		BOMBA CENTRIFUGA	MECANICO	300	GPM
	TUBERIAS	TUBERIA	MECANICO	2.5	in
	VALVULAS	VALVULAS	MECANICO	2.5	in
	CONTROL	CONTROL	ELECTRICO	110	voltios
SENSORES	SENSORES	ELECTRICO	24	voltios	

Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	SENSORES DE MOVIMIENTO	SENSORES DE MOVIMIENTO	ELECTRICO	24	voltios
	CONTROL	CONTROL	ELECTRICO	110	voltios
Portones	MOTOR	MOTOR ELECTRICO	ELECTRICO	0.5	hp
	PUERTAS	PUERTAS	MECANICO	4x2x1/4	in
	CONTROL	CONTROL	ELECTRICO	110	voltios

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

5.3 CONDICIONES OPERACIONALES

El siguiente paso dentro de la metodología para el desarrollo del RCM es definir cuáles son las condiciones operacionales, es decir, quienes o cuantas personas manipulan el equipo, que variables se controlan, en régimen o carga normalmente se usa. Las condiciones operacionales serán definidas para cada sistema.

Tabla 8 Condiciones operacionales por sistema

SISTEMA	CONDICIONES OPERACIONALES
Sistema de Aires Acondicionados	<ul style="list-style-type: none"> *Duracion de operación a la semana 60 horas; desde las 6am hasta las 6pm. *Los manipulan personal autorizado. *Cargas variables según ocupacion por piso. *Temperaturas de aire entre los 20°C y los 25°C *Humedad relativa del 65% *Tension 220V *Potencia total 6000W * caudal 2000CFM *Se encienden automaticamente según el controlador *Cargas variables según ocupacion por piso. *capacidad R. 60.000 BTU/h *refrigerante R410a

Neveras	<ul style="list-style-type: none"> *Opera 168 horas semanales; todos los dias *todas las personas la manipulan * Mantener refrigerada las comida a 4°C *congelar a maximo -18°C
Dispensadores y ozonizadores	<ul style="list-style-type: none"> *Operan 112 horas semanales *entregan agua a 18°C *volumen de agua fria 2litros *Agua caliente a 85°C *volumen agua caliente 1litro *regimen según ocupacion del piso *Lo Usan todas las personas *Agua Potable
Planta eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> *Operación no regular *Capacidad de 500KVA *tension entregada 440V *Consume 8 galones por hora *Opera a un 80% *lo manipula el personal de mantenimiento
Subestación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> *Opera 168 horas semanales; todos los dias *Se capacidad maxima es de 500KVA *Opera en promedio en un 80% *Entrega 440V; 3fases + 1 neutro + 1 tierra *Solo la operan el personal de manteneiminto
Sistema de bombeo agua potable	<ul style="list-style-type: none"> *Opera 112Horas semanales *Lo operan solo personal de mantenimiento *Entrega agua a razon de 88Galones por minuto *La presion maxima es de 120psi *Potencia de 2Hp *tension 220V *Agua Potable
Sistema de Tanques	<ul style="list-style-type: none"> *Operan todos los dias *presion atmosferica *solo los manipulan personal de mantenimiento *Capacidad de 10m3 *Agua Potable

Sistema Red Contra Incendio	<ul style="list-style-type: none"> *operación no regular *operada por personal de mantenimiento *mantenien las tuberias presurizadas entre 105 y 120psi *entrega 300 galones por minuto *presion de operación es de 130psi *potencia 10Hp *Agua Potable *440V
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	<ul style="list-style-type: none"> *Operan 56 horas a la semana *tension de 110V *Solo el personal de mantenimiento los manipula
Portones	<ul style="list-style-type: none"> *Operan 112Horas semanales *los manipulan el personal de seguridad *Tension 110V *potencia de 0.5HP

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

5.4 CONDICIONES AMBIENTALES

Ciertamente se sabe que la mayoría de equipos son diseñados para operar en un rango de ambientes, es decir, los diseñadores asumen que el equipo operará en lugares cuyas temperaturas tendrá un rango desde los 10°C hasta los 80°C, con una humedad relativa entre los 40 y 90%, que la velocidad de corrosión es de 0,04 mili pulgadas por año, etc. Pero no siempre estas condiciones ambientales se cumplen, lo que afecta su rendimiento y la vida útil de este. Por lo cual, dentro del RCM el cuarto paso es definir las condiciones operacionales.

Tabla 9 Condiciones Ambientales de Sistemas

AREA	SISTEMA	CONDICIONES AMBIENTALES
TODOS LOS PISOS INTERIOR	Sistema de Aires Acondicionados	*Barranquilla *Temp Promedio 38°C *Humedad Relativa Promedio 85% *Sin Estaciones *Altura Respecto Nivel del Mar promedio 18 metros *Precipitacion promedio 60mm *Presión atmosférica: 1007.11 hPa
	Ascensores	
	Neveras	
	Dispensadores y ozonizadores	
SOTANO INTERIOR	Planta eléctrica	
	Subestación eléctrica	
	Sistema de bombeo agua potable	
	Sistema de Tanques	
EXTERIOR	Sistema Red Contra Incendio	
	Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	
	Portones	

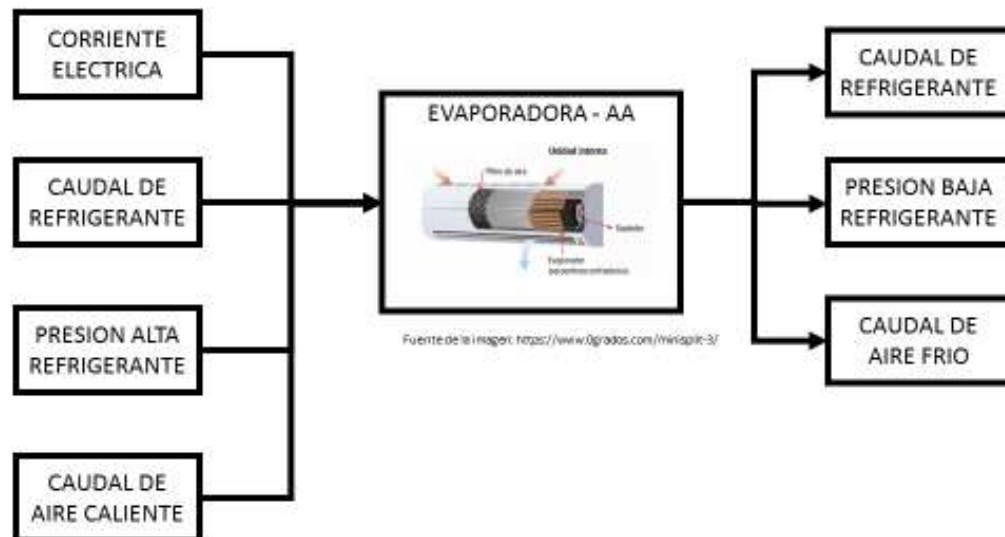
Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

5.5 FRONTERAS E INTERFASES

En esta etapa del RCM se define las fronteras de los sistemas, es decir, todos los componentes y equipos que se agrupen serán estudiados como un sistema, todo lo que este por fuera de este límite, aunque físicamente pueda estar asociada al sistema o equipo quedara fuera del estudio. Las interfaces son todas las entradas y salidas del sistema, mecánicas, eléctricas, señales, datos, etc. En algunos casos se llegará a definir fronteras e interfaces para sistema y en otros casos hasta equipos,

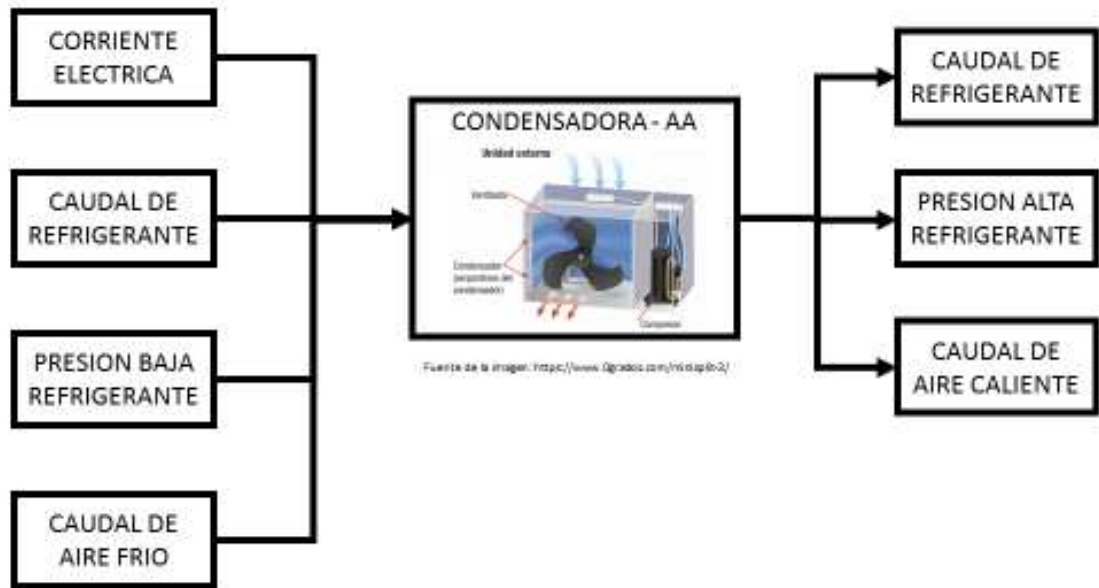
esto debido al nivel complejidad otorgada. Para los sistemas de bombeo de agua potable y el sistema de la red contra incendios se definirán fronteras e interfaces a los equipos de motor y bomba, por ser los mismos equipos solo que para funciones diferentes. Para el caso del sistema de aires acondicionados se definirán fronteras e interfaces para las condensadoras y evaporadoras por estar en áreas diferentes y realizar diferentes funciones.

Figura 15 Equipo Evaporadora - Sistema AA



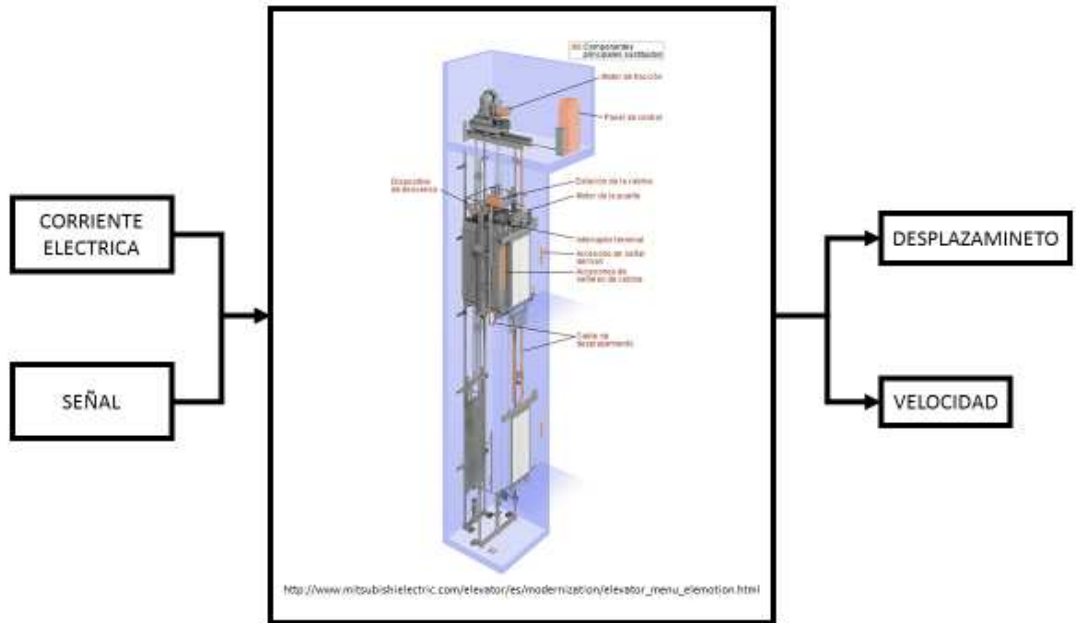
Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; <https://www.0grados.com/minisplit-3/>

Figura 16 Equipo Condensadora - Sistema AA



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; <https://www.0grados.com/minisplit-3>

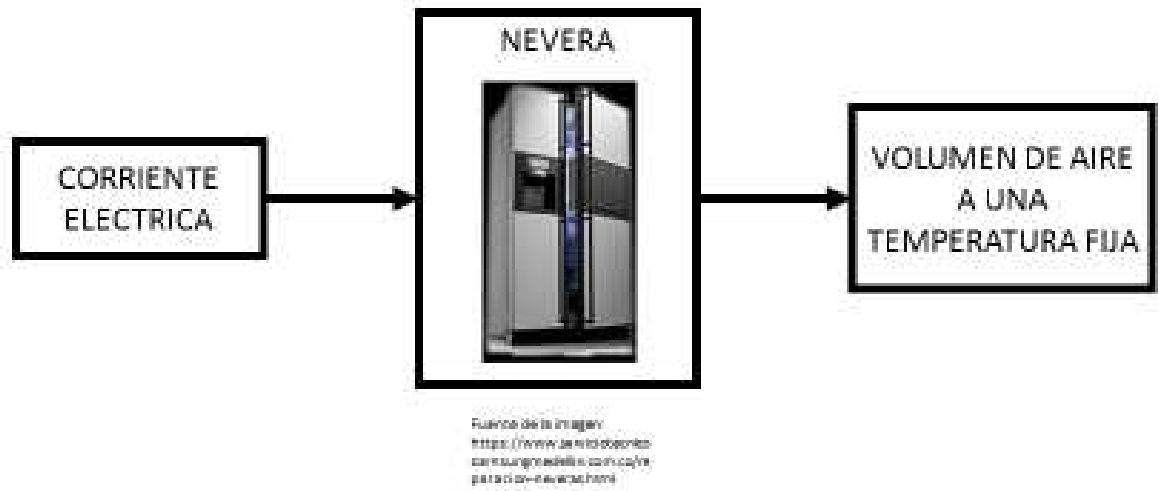
Figura 17 Sistema Ascensor



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo;

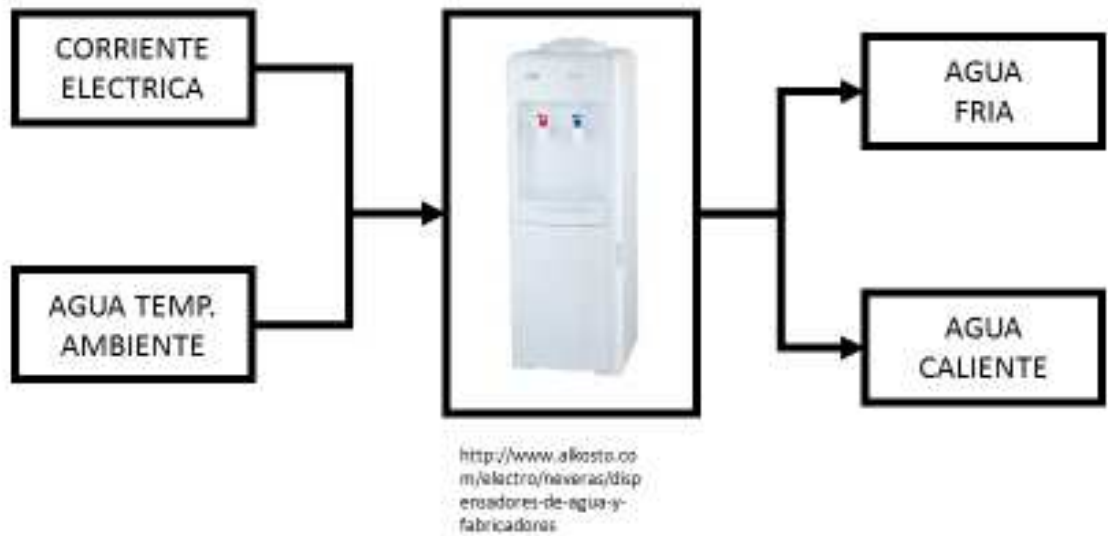
http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/modernization/elevator_menu_elevation.html

Figura 18 Sistema Nevera



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo;
<https://www.serviciotecnicosamsungmedellin.com.co/paracion-neveras.html>

Figura 19 Sistema Dispensador



Fuente: El Autor y DURAN MORA, Luis Eduardo;
<http://www.alkosto.com/electro/neveras/dispensadores-de-agua-y-fabricadores>

Figura 20 Sistema Planta Eléctrica



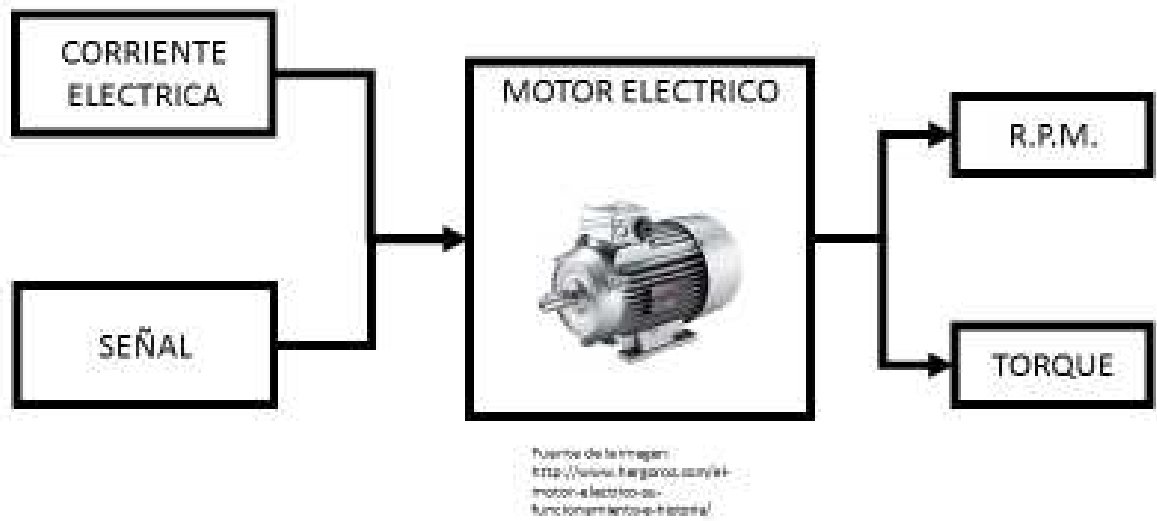
Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; <http://www.plantaselectricasproingex.com/>

Figura 21 Sistema Sub Estación Eléctrica



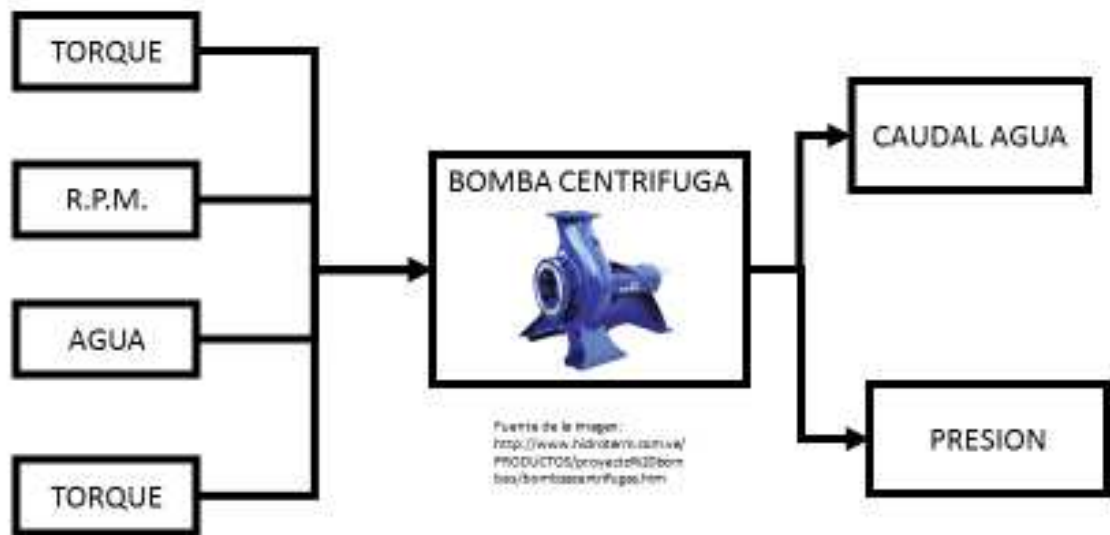
Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; <http://www.balperin.com.mx/instalacion-de-subestaciones-electricas.shtml>

Figura 22 Equipo Motor Eléctrico - Sistemas bombeo agua potable y Red Contra Incendio



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; <http://www.hergoros.com/el-motor-electrico-su-funcionamiento-e-historia/>

Figura 23 Equipo Bomba - Sistemas bombeo agua potable y Red Contra Incendio



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo;

<http://www.hidroterm.com.ve/PRODUCTOS/proyecto%20bombas/bombascentrifugas.htm>

Figura 24 Sistemas Tanques Agua



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; http://geincol.com/geincol/?page_id=211

Figura 25 Sistema Cerca Eléctrica



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; <http://segurmax.com.co/cercas-electricas.html>

Figura 26 Sistema Portones



Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo; <http://portonesmonterrey.com/categoria-productos/portones>

5.6 DEFINICION DE FUNCIONES

En esta etapa del RCM se definirán las funciones de los equipos con base en las condiciones operacionales y ambientales; es decir, lo que se espera que el equipo haga, la razón de ser o el por qué su adquisición. Para un mismo sistema o equipo se podrán definir funciones secundarias adicionales.

Tabla 10 Funciones de equipos

SISTEMA	EQUIPO	FUNCIONES	Cod. F
Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	MANTENER EL AIRE EN RANGO DE TEMPERATURA ENTRE 16°C Y 25°C	F1
Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	MOVER EL AIRE A RAZON DE 2000 CFM	F2
Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	MANTENER EL AIRE EN UN RANGO DE HUMEDAD RELATIVA ENTRE 50% Y 70%	F3
Sistema de Aires Acondicionados	CONDENSADORAS	ENFRIAR A UNA POTENCIA TERMICA DE 60000BTU/H	F4
Ascensores	MOTOR ELECTRICO	ENTREGAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 10HP	F5
Ascensores	CABINA	SOPORTAR UN PESO MAXIMO DE 800KG	F6
Ascensores	CABINA	PERMITIR EL TRASLADO DE PEROSNAS ENTRE LOS PISOS SOTANO,1, 2 Y 3	F7
Ascensores	TABLERO CONTROL	CONTROLAR EL DESPLAZAMIENTO A UNA VELOCIDAD MAXIMA DE 16M/MIN	F8
Neveras	NEVERA	MANTENER UN VOLUMEN DE AIRE DE 315 LITROS ENTRE - 18°C Y 4°C	F9
Dispensadores y ozonizadores	DISPENSADORES	ENTREGAR UN VOLUMEN DE AGUA DE 2 LITROS A 18°C	F10
Dispensadores y ozonizadores	DISPENSADORES	ENTREGAR UN VOLUMEN DE AGUA DE 1 LITRO A 85°C	F11

Planta eléctrica	MOTOR	ENTREGAR UNA VELOCIDAD MAXIMA DE GIRO DE 3500RPM	F12
Planta eléctrica	GENERADOR	GENERAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	F13
Planta eléctrica	GENERADOR	GENERAR UN VOLTAJE DE 440V	F14
Planta eléctrica	TABLERO CONTROL	CAMBIAR LOS CIRCUITOS EN UN TIEMPO MAXIMO DE 10 SEGUNDOS	F15
Subestación eléctrica	TRANSFORMADOR	TRANSFORMAR EL VOLTAJE DE 13200V A 440V	F16
Subestación eléctrica	TRANSFORMADOR	ENTREGAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	F17
Subestación eléctrica	TABLERO CONTROL	DISTRIBUIR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	F18
Sistema de bombeo agua potable	MOTOBOMBAS	BOMBEAR AGUA A RAZON DE 88GPM	F19
Sistema de bombeo agua potable	TUBERIAS	TRANSPORTAR EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA 200PSI	F20
Sistema de bombeo agua potable	VALVULAS	CONTROLAR EL CAUDAL DE AGUA	F21
Sistema de bombeo agua potable	CONTROL	MANTENER UNA PRESION DE 120PSI	F22
Sistema de Tanques	TANQUE AGUA POTABLE	ALMACENAR UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	F23
Sistema de Tanques	TANQUE RCI	ALMACENAR UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	F24
Sistema de Tanques	TANQUE ELEVADO	ALMACENAR UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	F25
Sistema Red Contra Incendio	MOTOBOMBAS	BOMBEAR AGUA A RAZON DE 300GPM	F26
Sistema Red Contra Incendio	TUBERIAS	TRANSPORTAR EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA DE 200PSI	F27
Sistema Red Contra Incendio	VALVULAS	CONTROLAR EL CAUDAL DE AGUA	F28
Sistema Red Contra Incendio	CONTROL	MANTENER UNA PRESION DE 120PSI	F29
Sistema Red Contra Incendio	CONTROL	ENCENDER LA BOMBA CUANDO LA PRESION CAIGA POR DEBAJO DE 100PSI	F30

Sistema Red Contra Incendio	SENSORES	ENVIAR LA SEÑAL PARA PRENDER EL SISTEMA CUANDO LA TEMP SUPERE LOS 150°C	F31
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	SENSORES DE MOVIMIENTO	EMITIR SEÑAL DE ALERTA	F32
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	CONTROL	EMITIR SEÑAL DE ALERTA CUANDO SE INTERRUMPA EL CIRCUITO ELECTRICO	F33
Portones	MOTOR	ENTREGAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 0.5HP	F34
Portones	PUERTAS	CERRAR EL PASO DE VEHICULOS Y PERSONAS	F35
Portones	CONTROL	CONTROLAR EL CIERRE A UNA VELOCIDAD CONSTANTE DE 0,1M/SEG	F36

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

5.7 ANALISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA

Con base en la Norma ISO 14224 del 2006 que explica que una falla crítica es aquella falla que causa el cese inmediato de la capacidad de realizar una función requerida; se procede en esta etapa a definir las fallas críticas que afectarían las funciones del equipo, sus posibles causas y los efectos que están tendrían sobre la operación o continuidad de la sede. Cabe resaltar que las fallas analizadas deben tener una causa fundamentada en las 4M, es decir, causas asociadas a mano de obra, de método, de material y propia de la máquina. No se contemplarán fallas por causas ajenas a deficiencias en el mantenimiento.

Tabla 11 Modos y Efectos de Falla Sistemas y equipos

SISTEMA	EQUIPO	FUNCIONES	Cod. F	FALLA FUNCIONAL	Cod. FF	MODO DE FALLA	Cod. MF	EFECTO
Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	MANTENER EL AIRE EN RANGO DE TEMPERATURA ENTRE 16°C Y 25°C	F1	NO MANTIENE EL AIRE EN RANGO DE TEMPERATURA ENTRE 16°C Y 25°C	FF1	MOTOR DEL BLOWER QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF11	NO PRENDE NO ENFRIA
						SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF12	FUGA DE GAS NO ENFRIA
						VALVULA EXPANSION TAPA POR CONGELAMIENTO	MF13	CONDENSACION EXCESIVA NO ENFRIA
						BLOWER ROTO POR DESBALANCEO	MF14	RUIDO NO ENFRIA
						TERMOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF15	NO CONTROLA
Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	MOVER EL AIRE A RAZON DE 2000 CFM	F2	NO MUEVE EL AIRE A RAZON DE 2000 CFM	FF2	MOTOR DEL BLOWER QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF21	NO PRENDE NO ENFRIA
						BLOWER ROTO POR DESBALANCEO	MF22	RUIDO NO ENFRIA
						DUCTOS OBSTRUIDOS POR MUGRE	MF23	CONDENSACION EXCESIVA NO ENFRIA

Sistema de Aires Acondicionados	MANEJADORAS	MANTENER EL AIRE EN UN RANGO DE HUMEDAD RELATIVA ENTRE 50% Y 70%	F3	NO MANTIENE EL AIRE EN UN RANGO DE HUMEDAD RELATIVA ENTRE 50% Y 70%	FF3	MOTOR DEL BLOWER QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF31	NO PRENDE NO ENFRIA
						SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF32	FUGA DE GAS NO ENFRIA
						VALVULA EXPANSION TAPA POR CONGELAMIENTO	MF33	CONDENSACION EXCESIVA NO ENFRIA
						BLOWER ROTO POR DESBALANCEO	MF34	RUIDO NO ENFRIA
						TERMOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF35	NO CONTROLA
Sistema de Aires Acondicionados	CONDENSADORAS	ENFRIAR A UNA POTENCIA TERMICA DE 60000BTU/H	F4	NO ENFRIA A UNA POTENCIA TERMICA DE 60000BTU/H	FF4	MOTOR DEL VENTILADOR QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF41	NO PRENDE NO ENFRIA
						SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF42	FUGA DE GAS NO ENFRIA
						COMPRESOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF43	NO PRENDE NO ENFRIA

Ascensores	MOTOR ELECTRICO	ENTREGAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 10HP	F5	NO ENTREGA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 10HP	FF5	MOTOR QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF51	NO SE MUEVE
						MOTOR QUEMADO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF52	NO SE MUEVE RUIDO, VIBRACION
						CONTACTORES QUEMADOS POR BOBINA QUEMADA	MF53	NO SE MUEVE
Ascensores	CABINA	SOPORTAR UN PESO MAXIMO DE 800KG	F6	NO SOPORTA UN PESO MAXIMO DE 800KG	FF6	GUAYA ROTA POR DESAGASTE	MF61	NO SE MUEVE
						SENSOR AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF62	NO SE MUEVE
Ascensores	CABINA	PERMITIR EL TRASLADO DE PEROSNAS ENTRE LOS PISOS SOTANO,1, 2 Y 3	F7	NO PERMITE EL TRASLADO DE PEROSNAS ENTRE LOS PISOS SOTANO,1, 2 Y 3	FF7	BOTONES AVERIADOS POR CORTO EN TARJETA ELECTRONICA	MF71	NO SE MUEVE
						GUAYA ROTA POR DESAGASTE	MF72	NO SE MUEVE
						POLEA FRENADA POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF73	NO SE MUEVE RUIDO, VIBRACION
Ascensores	TABLERO CONTROL	CONTROLAR EL DESPLAZAMIENTO A UNA VELOCIDAD MAXIMA DE 16M/MIN	F8	NO CONTROLA EL DESPLAZAMIENTO A UNA VELOCIDAD MAXIMA DE 16M/MIN	FF8	TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF81	NO SE MUEVE
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF82	NO SE MUEVE NO PRENDE

Neveras	NEVERA	MANTENER UN VOLUMEN DE AIRE DE 315 LITROS ENTRE -18°C Y 4°C	F9	NO MANTIENE UN VOLUMEN DE AIRE DE 315 LITROS ENTRE -18°C Y 4°C	FF9	MOTOR DEL VENTILADOR DE CONGELADOR QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF91	NO PRENDE NO ENFRIA
						SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF92	FUGA DE GAS NO ENFRIA
						COMPRESOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF93	NO PRENDE NO ENFRIA
						SELLOS DE PUERTAS VENCIDOS POR FATIGA	MF94	NO CIERRA TOTALMENTE
Dispensadores y ozonizadores	DISPENSADORES	ENTREGAR UN VOLUMEN DE AGUA DE 2 LITROS A 18°C	F10	NO ENTREGA UN VOLUMEN DE AGUA DE 2 LITROS A 18°C	FF10	COMPRESOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF101	NO PRENDE NO ENFRIA
						SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF102	FUGA DE GAS NO ENFRIA
						VALVULA DE DISPENSACION TAPADA POR DAÑO EN PALANCA	MF103	NO DISPENSA AGUA
						FILTRO DE AGUA TAPADO POR SUCIEDAD	MF104	NO DISPENSA AGUA MAL OLOR Y SABOR
Dispensadores y ozonizadores	DISPENSADORES	ENTREGAR UN VOLUMEN DE AGUA DE 1 LITRO A 85°C	F11	NO ENTREGA UN VOLUMEN DE AGUA DE 1 LITRO A 85°C	FF11	RESISTENCIA ELECTRICA EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF111	NO CALIENTA
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF112	NO PRENDE
						VALVULA DE DISPENSACION TAPADA POR DAÑO EN PALANCA	MF113	NO DISPENSA AGUA
						FILTRO DE AGUA TAPADO POR SUCIEDAD	MF114	NO DISPENSA AGUA MAL OLOR Y SABOR

Planta eléctrica	MOTOR	ENTREGAR UNA VELOCIDAD MAXIMA DE GIRO DE 3500RPM	F12	NO ENTREGA UNA VELOCIDAD MAXIMA DE GIRO DE 3500RPM	FF12	SERPENTIN RADIADOR ROTO POR CORROSION	MF121	FUGA DE AGUA RECALENTAMIENTO
						MOTOR DE ARRANQUE QUEMADO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF122	NO PRENDE
						BATERIAS SIN CARGA ELECTRICA POR CARGADOR AVERIADO	MF123	NO PRENDE
						TANQUE COMBUSTIBLE ROTO POR CORROSION	MF124	NO PRENDE OLOR A COMBUSTIBLE FUGA DE COMBUSTIBLE
						BOMBA DE COMBUSTIBLE QUEMADA	MF125	NO PRENDE
						MANGUERAS DE COMBUSTIBLE CON FUGA POR AMARRES DAÑADOS	MF126	OLOR A COMBUSTIBLE FUGA DE COMBUSTIBLE
						MANGUERAS CON FUGA POR DETERIORO DEL CAUCHO	MF127	OLOR A COMBUSTIBLE FUGA DE COMBUSTIBLE

Planta eléctrica	GENERADOR	GENERAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	F13	NO GENERA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	FF13	BOBINAS EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF131	NO GENERA ELECTRICIDAD
						BOBINA EXCITATRIZ EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF132	NO GENERA ELECTRICIDAD
						ROTOR FRENADO POR RODAMIENTOS DAÑADOS	MF133	NO GENERA ELECTRICIDAD
Planta eléctrica	GENERADOR	GENERAR UN VOLTAJE DE 440V	F14	NO GENERA UN VOLTAJE DE 440V	FF14	BOBINAS EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF141	NO GENERA ELECTRICIDAD
						BOBINA EXCITATRIZ EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF142	NO GENERA ELECTRICIDAD
						ROTOR FRENADO POR RODAMIENTOS DAÑADOS	MF143	NO GENERA ELECTRICIDAD
Planta eléctrica	TABLERO CONTROL	CAMBIAR LOS CIRCUITOS EN UN TIEMPO MAXIMO DE 10 SEGUNDOS	F15	NO CAMBIA LOS CIRCUITOS EN UN TIEMPO MAXIMO DE 10 SEGUNDOS	FF15	BREAKER EN CORTO POR CONTACTOS QUEMADOS	MF151	NO REALIZA LA TRANSFERENCIA
						CONTACTORES QUEMADOS POR BOBINA QUEMADA	MF152	NO REALIZA LA TRANSFERENCIA
						TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF153	NO REALIZA LA TRANSFERENCIA

Subestación eléctrica	TRANSFORMADOR	TRANSFORMAR EL VOLTAJE DE 13200V A 440V	F16	NO TRANSFORMA EL VOLTAJE DE 13200V A 440V	FF16	FUSIBLES QUEMADOS POR SOBRE VOLTAJE	MF161	NO HAY ENERGIA EN LA SEDE
Subestación eléctrica	TRANSFORMADOR	ENTREGAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	F17	NO ENTREGA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	FF17	TOTALIZADOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF171	NO HAY ENERGIA EN LA SEDE
						FUSIBLES QUEMADOS POR SOBRE VOLTAJE	MF172	NO HAY ENERGIA EN LA SEDE
Subestación eléctrica	TABLERO CONTROL	DISTRIBUIR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	F18	NO DISTRIBUYE UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	FF18	BREAKER EN CORTO POR CONTACTOS QUEMADOS	MF181	NO HAY ENERGIA EN ALGUN AREA DE LA SEDE
						TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF182	NO HAY ENERGIA EN ALGUN AREA DE LA SEDE

Sistema de bombeo agua potable	MOTOBOMBAS	BOMBEAR AGUA A RAZON DE 88GPM	F19	NO BOMBEA AGUA A RAZON DE 88GPM	FF19	MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR BAJO AISLAMIENTO	MF191	NO PRENDE
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF192	NO PRENDE
						MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF193	NO PRENDE
						SELLO MECANICO CON FUGA POR CERAMICAS ROTAS	MF194	FUGA DE AGUA RECALENTAMIENTO
						IMPELENTE PERFORADO POR CAVITACION	MF195	BAJO CAUDAL
						EJE ROTO POR FATIGA	MF196	RUIDO VIBRACION
						ACOPLE MECANICO ROTO POR ELASTOMERO VENCIDO	MF197	NO BOMBEA RUIDO VIBRACION

Sistema de bombeo agua potable	TUBERIAS	TRANSPORTAR EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA 200PSI	F20	NO TRANSPORTA EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA 200PSI	FF20	TUBERIA PERFORADA POR CORROSION	MF201	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE
						SELLOS DE JUNTAS VENCIDOS POR VIBRACION	MF202	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE
						TUBERIA ROTA POR SOBRE PRESION	MF203	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE
Sistema de bombeo agua potable	VALVULAS	CONTROLAR EL CAUDAL DE AGUA	F21	NO CONTROLA EL CAUDAL DE AGUA	FF21	COMPUERTAS OBSTRUIDAS POR IMPUREZAS	MF211	FILTROS TAPADOS
						EMPAQUES VENCIDOS POR TIEMPO DE USO	MF212	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE
Sistema de bombeo agua potable	CONTROL	MANTENER UNA PRESION DE 120PSI	F22	NO MANTIENE UNA PRESION DE 120PSI	FF22	PRESOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF221	NO BOMBEA AGUA
						VARIADOR DE VOLCIDAD EN CORTO POR HUMEDAD	MF222	NO HAY SUFICIENTE PRESION EN LA LINEA NO LLEGA AGUA A LOS PISOS
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF223	NO BOMBEA AGUA

Sistema de Tanques	TANQUE AGUA POTABLE	ALMACENAR UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	F23	NO ALMACENA UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	FF23	TANQUE FISURADO POR RECUBRIMIENTO PERDIDO	MF231	FUGA DE AGUA
						VALVULAS DE LLENADO ROTAS POR FATIGA	MF232	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA
						FILTROS DE AGUA TAPADOS POR SUCIEDAD	MF233	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA
Sistema de Tanques	TANQUE RCI	ALMACENAR UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	F24	NO ALMACENA UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	FF24	TANQUE FISURADO POR RECUBRIMIENTO PERDIDO	MF241	FUGA DE AGUA
						VALVULAS DE LLENADO ROTAS POR FATIGA	MF242	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA
						FILTROS DE AGUA TAPADOS POR SUCIEDAD	MF243	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA
Sistema de Tanques	TANQUE ELEVADO	ALMACENAR UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	F25	NO ALMACENA UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	FF25	TANQUE FISURADO POR RECUBRIMIENTO PERDIDO	MF251	FUGA DE AGUA
						VALVULAS DE LLENADO ROTAS POR FATIGA	MF252	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA
						FILTROS DE AGUA TAPADOS POR SUCIEDAD	MF253	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA

Sistema Red Contra Incendio	MOTOBOMBAS	BOMBLEAR AGUA A RAZON DE 300GPM	F26	NO BOMBEA AGUA A RAZON DE 300GPM	FF26	MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR BAJO AISLAMIENTO	MF261	NO PRENDE
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF262	NO PRENDE
						MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF263	NO PRENDE
						SELLO MECANICO CON FUGA POR CERAMICAS ROTAS	MF264	FUGA DE AGUA RECALENTAMIE NTO
						IMPELENTE PERFORADO POR CAVITACION	MF265	BAJO CAUDAL
						EJE ROTO POR FATIGA	MF266	RUIDO VIBRACION
						ACOPLE MECANICO ROTO POR ELASTOMERO VENCIDO	MF267	NO BOMBEA RUIDO VIBRACION
Sistema Red Contra Incendio	TUBERIAS	TRANSPORTAR EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA DE 200PSI	F27	NO TRANSPORTA EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA DE 200PSI	FF27	TUBERIA PERFORADA POR CORROSION	MF271	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE
						SELLOS DE JUNTAS VENCIDOS POR VIBRACION	MF272	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE
						TUBERIA ROTA POR SOBRE PRESION	MF273	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE

Sistema Red Contra Incendio	VALVULAS	CONTROLAR EL CAUDAL DE AGUA	F28	NO CONTROLA EL CAUDAL DE AGUA	FF28	COMPUERTAS OBSTRUIDAS POR IMPUREZAS	MF281	FILTROS TAPADOS
						EMPAQUES VENCIDOS POR TIEMPO DE USO	MF282	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE
Sistema Red Contra Incendio	CONTROL	MANTENER UNA PRESION DE 120PSI	F29	NO MANTIENE UNA PRESION DE 120PSI	FF29	PRESOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF291	NO BOMBEA AGUA
						VARIADOR DE VOLCIDAD EN CORTO POR HUMEDAD	MF292	NO HAY SUFICIENTE PRESION EN LA LINEA NO LLEGA AGUA A LOS PISOS
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF293	NO BOMBEA AGUA
Sistema Red Contra Incendio	CONTROL	ENCENDER LA BOMBA CUANDO LA PRESION CAIGA POR DEBAJO DE 100PSI	F30	NO ENCIENDE LA BOMBA CUANDO LA PRESION CAIGA POR DEBAJO DE 100PSI	FF30	PRESOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF301	NO BOMBEA AGUA
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF302	NO BOMBEA AGUA
						TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF303	NO PRENDE LA BOMBA
Sistema Red Contra Incendio	SENSORES	ENVIAR LA SEÑAL PARA PRENDER EL SISTEMA CUANDO LA TEMP SUPERE LOS 150°C	F31	NO ENVIA LA SEÑAL PARA PRENDER EL SISTEMA CUANDO LA TEMP SUPERE LOS 150°C	FF31	SENSORES TAPADOS POR SUCIEDAD	MF311	NO DETECTAN HUMO ALARMADOS SIEMPRE

Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	SENSORES DE MOVIMIENTO	EMITIR SEÑAL DE ALERTA CUANDO SE INTERRUMPA LA LUZ INFRAROJA	F32	NO EMITE SEÑAL DE ALERTA CUANDO SE INTERRUMPA LA LUZ INFRAROJA	FF32	SENSORES TAPADOS POR SUCIEDAD	MF321	NO DETECTAN MOVIMIENTO EMITEN SEÑALES FALSAS
						SENSORES DESALINEADOS POR BASES FLOJAS	MF322	NO DETECTAN MOVIMIENTO EMITEN SEÑALES FALSAS
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	CONTROL	EMITIR SEÑAL DE ALERTA CUANDO SE INTERRUMPA EL CIRCUITO	F33	NO EMITE SEÑAL DE ALERTA CUANDO SE INTERRUMPA EL	FF33	TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF331	NO PRENDE
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF332	NO PRENDE
Portones	MOTOR	ENTREGAR UNA POTENCIA ELECTRICA DE 0.5HP	F34	NO ENTREGA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 0.5HP	FF34	BOBINAS EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF341	NO SE MUEVE
						ROTOR FRENADO POR RODAMIENTOS DAÑADOS	MF342	NO SE MUEVE
Portones	PUERTAS	CERRAR EL PASO DE VEHICULOS Y PERSONAS	F35	NO CIERRA EL PASO DE VEHICULOS Y PERSONAS	FF35	PIÑONES ATASCADOS POR RODAMIENTO PEGADOS	MF351	INTERFERENCIA EN MOVIMIENTO RUIDO
						PIÑONES ROTOS POR FATIGAS	MF352	INTERMITENCIA EN MOVIMIENTO RUIDO
Portones	CONTROL	CONTROLAR EL CIERRE A UNA VELOCIDAD CONSTANTE DE	F36	NO CONTROLA EL CIERRE A UNA VELOCIDAD CONSTANTE DE	FF36	TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF361	NO PRENDE NO SE MUEVE
						BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF362	NO PRENDE NO SE MUEVE

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Luego de haber definido los modos y efectos de fallas, para continuar el análisis, se evaluará solo el nivel de riesgo de cada uno de los modos y efectos de falla con base en la definición de riesgo vista en el punto 3.3 de este documento; para lo cual será necesario estimar la probabilidad de ocurrencia de falla del punto 1 de la metodología revisada en el punto 3.4; calcular la consecuencia y el nivel de riesgo vistos en la misma metodología. Se emplearán las figuras número 3 del punto 3.4, para la estimación de la probabilidad de falla. Y la figura 10 para el cálculo ponderado de las consecuencias.

Tabla 12 Matriz de análisis de modos y efectos de fallas

					OPERATIVIDAD	PRODUCTIVIDAD	IMAGEN/CALIDAD	SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE	TASA DE OCUPACIÓN	COSTO MANT.	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA FALLA	NIVEL DE RIESGO DE FALLA
				Ponderacion	20	20	30	10	10	5	5	100	0-100%	
FALLA FUNCIONAL	Cod. FF	MODO DE FALLA	Cod. MF	EFFECTO										
NO MANTIENE EL AIRE EN RANGO DE TEMPERATURA ENTRE 16°C Y 25°C	FF1	MOTOR DEL BLOWER QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF11	NO PRENDE NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37
		SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF12	FUGA DE GAS NO ENFRIA	A	A	M	B	A	M	A	74	0.58	43
		VALVULA EXPANSION TAPA POR CONGELAMIENTO	MF13	CONDENSACION EXCESIVA NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	M	62	0.58	36
		BLOWER ROTO POR DESBALANCEO	MF14	RUIDO NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37
		TERMOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF15	NO CONTROLA	A	A	M	B	B	M	B	60	0.58	35

NO MUEVE EL AIRE A RAZON DE 2000 CFM	FF2	MOTOR DEL BLOWER QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF21	NO PRENDE NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37
		BLOWER ROTO POR DESBALANCEO	MF22	RUIDO NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	M	62	0.58	36
		DUCTOS OBSTRUIDOS POR MUGRE	MF23	CONDENSACION EXCESIVA NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	B	60	0.58	35
NO MANTIENE EL AIRE EN UN RANGO DE HUMEDAD RELATIVA ENTRE 50% Y 70%	FF3	MOTOR DEL BLOWER QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF31	NO PRENDE NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37
		SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF32	FUGA DE GAS NO ENFRIA	A	A	M	B	A	M	A	74	0.58	43
		VALVULA EXPANSION TAPA POR CONGELAMIENTO	MF33	CONDENSACION EXCESIVA NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37
		BLOWER ROTO POR DESBALANCEO	MF34	RUIDO NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37
		TERMOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF35	NO CONTROLA	A	A	M	B	B	M	B	60	0.58	35
NO ENFRIA A UNA POTENCIA TERMICA DE 60000BTU/H	FF4	MOTOR DEL VENTILADOR QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF41	NO PRENDE NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37
		SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF42	FUGA DE GAS NO ENFRIA	A	A	M	B	A	M	A	74	0.58	43
		COMPRESOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF43	NO PRENDE NO ENFRIA	A	A	M	B	B	M	A	65	0.58	37

NO ENTREGA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 10HP	FF5	MOTOR QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF51	NO SE MUEVE	B	A	B	A	B	M	A	44	0.25	11
		MOTOR QUEMADO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF52	NO SE MUEVE RUIDO, VIBRACION	B	A	B	A	B	M	A	44	0.25	11
		CONTACTORES QUEMADOS POR BOBINA QUEMADA	MF53	NO SE MUEVE	B	A	B	A	B	M	B	39	0.25	10
NO SOPORTA UN PESO MAXIMO DE 800KG	FF6	GUAYA ROTA POR DESAGASTE	MF61	NO SE MUEVE	B	A	B	A	B	M	M	41	0.25	10
		SENSOR AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF62	NO SE MUEVE	B	A	B	A	B	M	B	39	0.25	10
NO PERMITE EL TRASLADO DE PEROSNAS ENTRE LOS PISOS SOTANO,1, 2 Y 3	FF7	BOTONES AVERIADOS POR CORTO EN TARJETA ELECTRONICA	MF71	NO SE MUEVE	B	A	B	A	B	M	B	39	0.25	10
		GUAYA ROTA POR DESAGASTE	MF72	NO SE MUEVE	B	A	B	A	B	M	M	41	0.25	10
		POLEA FRENADA POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF73	NO SE MUEVE RUIDO, VIBRACION	B	A	B	A	B	M	M	41	0.25	10
NO CONTROLA EL DESPLAZAMIENTO A UNA VELOCIDAD MAXIMA DE 16M/MIN	FF8	TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF81	NO SE MUEVE	B	A	B	A	B	M	A	44	0.25	11
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF82	NO SE MUEVE NO PRENDE	B	A	B	A	B	M	B	39	0.25	10

NO MANTIENE UN VOLUMEN DE AIRE DE 315 LITROS ENTRE -18°C Y 4°C	FF9	MOTOR DEL VENTILADOR DE CONGELADOR QUEMADO POR ASILAMIENTO BAJO	MF91	NO PRENDE NO ENFRIA	B	B	B	B	B	B	M	12	0.25	3
		SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF92	FUGA DE GAS NO ENFRIA	B	B	B	B	M	B	M	16	0.25	4
		COMPRESOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF93	NO PRENDE NO ENFRIA	B	B	B	B	B	B	A	15	0.25	4
		SELLOS DE PUERTAS VENCIDOS POR FATIGA	MF94	NO CIERRA TOTALMENTE	B	B	B	B	B	B	B	10	0.25	3
NO ENTREGA UN VOLUMEN DE AGUA DE 2 LITROS A 18°C	FF10	COMPRESOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF101	NO PRENDE NO ENFRIA	B	B	B	B	M	B	A	19	0.42	8
		SERPENTIN ROTO POR CORROSION	MF102	FUGA DE GAS NO ENFRIA	B	B	B	B	M	B	A	19	0.42	8
		VALVULA DE DISPENSACION TAPADA POR DAÑO EN PALANCA	MF103	NO DISPENSA AGUA	B	B	B	B	M	B	M	16	0.42	7
		FILTRO DE AGUA TAPADO POR SUCIEDAD	MF104	NO DISPENSA AGUA MAL OLOR Y SABOR	B	B	B	B	M	B	B	14	0.42	6
NO ENTREGA UN VOLUMEN DE AGUA DE 1 LITRO A 85°C	FF11	RESISTENCIA ELECTRICA EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF111	NO CALIENTA	B	B	B	B	M	B	A	19	0.42	8
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF112	NO PRENDE	B	B	B	B	M	B	M	16	0.42	7
		VALVULA DE DISPENSACION TAPADA POR DAÑO EN PALANCA	MF113	NO DISPENSA AGUA	B	B	B	B	M	B	M	16	0.42	7
		FILTRO DE AGUA TAPADO POR SUCIEDAD	MF114	NO DISPENSA AGUA MAL OLOR Y SABOR	B	B	B	B	M	B	B	14	0.42	6

NO ENTREGA UNA VELOCIDAD MAXIMA DE GIRO DE 3500RPM	FF12	SERPENTIN RADIADOR ROTO POR CORROSION	MF121	FUGA DE AGUA RECALENTAMIENTO	M	M	B	A	A	B	A	49	0.67	32
		MOTOR DE ARRANQUE QUEMADO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF122	NO PRENDE	M	M	B	M	A	B	A	44	0.67	29
		BATERIAS SIN CARGA ELECTRICA POR CARGADOR AVERIADO	MF123	NO PRENDE	M	M	B	M	B	B	B	30	0.67	20
		TANQUE COMBUSTIBLE ROTO POR CORROSION	MF124	NO PRENDE OLOR A COMBUSTIBLE FUGA DE COMBUSTIBLE	M	M	B	M	A	B	M	41	0.67	27
		BOMBA DE COMBUSTIBLE QUEMADA	MF125	NO PRENDE	M	M	B	M	A	B	A	44	0.67	29
		MANGUERAS DE COMBUSTIBLE CON FUGA POR AMARRES DAÑADOS	MF126	OLOR A COMBUSTIBLE FUGA DE COMBUSTIBLE	M	M	B	M	A	B	B	39	0.67	26
		MANGUERAS CON FUGA POR DETERIORO DEL CAUCHO	MF127	OLOR A COMBUSTIBLE FUGA DE COMBUSTIBLE	M	M	B	M	A	B	B	39	0.67	26

NO GENERA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	FF13	BOBINAS EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF131	NO GENERA ELECTRICIDAD	M	M	B	M	A	B	M	41	0.67	27
		BOBINA EXCITATRIZ EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF132	NO GENERA ELECTRICIDAD	M	M	B	M	A	B	A	44	0.67	29
		ROTOR FRENADO POR RODAMIENTOS DAÑADOS	MF133	NO GENERA ELECTRICIDAD	M	M	B	M	A	B	M	41	0.67	27
NO GENERA UN VOLTAJE DE 440V	FF14	BOBINAS EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF141	NO GENERA ELECTRICIDAD	M	M	B	M	A	B	A	44	0.67	29
		BOBINA EXCITATRIZ EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF142	NO GENERA ELECTRICIDAD	M	M	B	M	A	B	A	44	0.67	29
		ROTOR FRENADO POR RODAMIENTOS DAÑADOS	MF143	NO GENERA ELECTRICIDAD	M	M	B	M	A	B	M	41	0.67	27
NO CAMBIA LOS CIRCUITOS EN UN TIEMPO MAXIMO DE 10 SEGUNDOS	FF15	BREAKER EN CORTO POR CONTACTOS QUEMADOS	MF151	NO REALIZA LA TRANSFERENCIA	M	M	B	M	A	B	B	39	0.67	26
		CONTACTORES QUEMADOS POR BOBINA QUEMADA	MF152	NO REALIZA LA TRANSFERENCIA	M	M	B	M	A	B	B	39	0.67	26
		TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF153	NO REALIZA LA TRANSFERENCIA	M	M	B	M	A	B	A	44	0.67	29

NO TRANSFORMA EL VOLTAJE DE 13200V A 440V	FF16	FUSIBLES QUEMADOS POR SOBRE VOLTAJE	MF161	NO HAY ENERGIA EN LA SEDE	A	A	M	A	A	B	B	76	0.08	6
NO ENTREGA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	FF17	TOTALIZADOR QUEMADO POR SOBRE VOLTAJE	MF171	NO HAY ENERGIA EN LA SEDE	A	A	M	A	A	B	M	78	0.08	6
		FUSIBLES QUEMADOS POR SOBRE VOLTAJE	MF172	NO HAY ENERGIA EN LA SEDE	A	A	M	A	A	B	B	76	0.08	6
NO DISTRIBUYE UNA POTENCIA ELECTRICA DE 500KVA	FF18	BREAKER EN CORTO POR CONTACTOS QUEMADOS	MF181	NO HAY ENERGIA EN ALGUN AREA DE LA SEDE	A	A	M	A	A	B	M	78	0.08	6
		TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF182	NO HAY ENERGIA EN ALGUN AREA DE LA SEDE	A	A	M	A	A	B	A	81	0.08	6

NO BOMBEA AGUA A RAZON DE 88GPM	FF19	MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR BAJO AISLAMIENTO	MF191	NO PRENDE	A	A	B	B	B	A	A	55	0.5	28
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF192	NO PRENDE	A	A	B	B	B	A	B	51	0.5	25
		MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF193	NO PRENDE	A	A	B	B	B	A	A	55	0.5	28
		SELLO MECANICO CON FUGA POR CERAMICAS ROTAS	MF194	FUGA DE AGUA RECALENTAMIE NTO	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
		IMPELENTE PERFORADO POR CAVITACION	MF195	BAJO CAUDAL	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
		EJE ROTO POR FATIGA	MF196	RUIDO VIBRACION	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
		ACOPLE MECANICO ROTO POR ELASTOMERO VENCIDO	MF197	NO BOMBEA RUIDO VIBRACION	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
NO TRANSPORTA EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA 200PSI	FF20	TUBERIA PERFORADA POR CORROSION	MF201	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	A	A	B	B	M	A	M	57	0.5	28
		SELLOS DE JUNTAS VENCIDOS POR VIBRACION	MF202	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	A	A	B	B	B	A	B	51	0.5	25
		TUBERIA ROTA POR SOBRE PRESION	MF203	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	A	A	B	B	M	A	M	57	0.5	28

NO CONTROLA EL CAUDAL DE AGUA	FF21	COMPUERTAS OBSTRUIDAS POR IMPUREZAS	MF211	FILTROS TAPADOS	A	A	B	B	B	A	B	51	0.5	25
		EMPAQUES VENCIDOS POR TIEMPO DE USO	MF212	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
NO MANTIENE UNA PRESION DE 120PSI	FF22	PRESOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF221	NO BOMBEA AGUA	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
		VARIADOR DE VOLCIDAD EN CORTO POR HUMEDAD	MF222	NO HAY SUFICIENTE PRESION EN LA LINEA NO LLEGA AGUA A LOS PISOS	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF223	NO BOMBEA AGUA	A	A	B	B	B	A	M	53	0.5	26
NO ALMACENA UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	FF23	TANQUE FISURADO POR RECUBRIMIENTO PERDIDO	MF231	FUGA DE AGUA	B	M	B	B	A	M	A	34	0.17	6
		VALVULAS DE LLENADO ROTAS POR FATIGA	MF232	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA	B	M	B	B	M	M	M	26	0.17	4
		FILTROS DE AGUA TAPADOS POR SUCIEDAD	MF233	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA	B	M	B	B	M	M	B	24	0.17	4

NO ALMACENA UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	FF24	TANQUE FISURADO POR RECUBRIMIENTO PERDIDO	MF241	FUGA DE AGUA	B	M	B	B	A	M	A	34	0.17	6
		VALVULAS DE LLENADO ROTAS POR FATIGA	MF242	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA	B	M	B	B	M	M	M	26	0.17	4
		FILTROS DE AGUA TAPADOS POR SUCIEDAD	MF243	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA	B	M	B	B	M	M	B	24	0.17	4
NO ALMACENA UN VOLUMEN DE AGUA 10M3 HERMETICAMENTE	FF25	TANQUE FISURADO POR RECUBRIMIENTO PERDIDO	MF251	FUGA DE AGUA	B	M	B	B	A	M	A	34	0.17	6
		VALVULAS DE LLENADO ROTAS POR FATIGA	MF252	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA	B	M	B	B	M	M	M	26	0.17	4
		FILTROS DE AGUA TAPADOS POR SUCIEDAD	MF253	LLENADO DEFICIENTE FALTA DE AGUA	B	M	B	B	M	M	B	24	0.17	4
NO BOMBEA AGUA A RAZON DE 300GPM	FF26	MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR BAJO AISLAMIENTO	MF261	NO PRENDE	B	B	A	A	M	B	A	55	0.08	4
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF262	NO PRENDE	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
		MOTOR ELECTRICO EN CORTO POR RODAMIENTOS PEGADOS	MF263	NO PRENDE	B	B	A	A	M	B	A	55	0.08	4
		SELLO MECANICO CON FUGA POR CERAMICAS ROTAS	MF264	FUGA DE AGUA RECALENTAMIENTO	B	B	A	A	M	B	M	52	0.08	4
		IMPELENTE PERFORADO POR CAVITACION	MF265	BAJO CAUDAL	B	B	A	A	M	B	M	52	0.08	4
		EJE ROTO POR FATIGA	MF266	RUIDO VIBRACION	B	B	A	A	M	B	M	52	0.08	4
		ACOPLE MECANICO ROTO POR ELASTOMERO VENCIDO	MF267	NO BOMBEA RUIDO VIBRACION	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4

NO TRANSPORTA EL AGUA HERMETICAMENTE A UNA PRESION MAXIMA DE 200PSI	FF27	TUBERIA PERFORADA POR CORROSION	MF271	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	B	B	A	A	M	B	M	52	0.08	4
		SELLOS DE JUNTAS VENCIDOS POR VIBRACION	MF272	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
		TUBERIA ROTA POR SOBRE PRESION	MF273	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	B	B	A	A	M	B	M	52	0.08	4
NO CONTROLA EL CAUDAL DE AGUA	FF28	COMPUERTAS OBSTRUIDAS POR IMPUREZAS	MF281	FILTROS TAPADOS	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
		EMPAQUES VENCIDOS POR TIEMPO DE USO	MF282	FUGA DE AGUA CAUDAL INSUFICIENTE	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
NO MANTIENE UNA PRESION DE 120PSI	FF29	PRESOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF291	NO BOMBEA AGUA	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
		VARIADOR DE VOLCIDAD EN CORTO POR HUMEDAD	MF292	NO HAY SUFICIENTE PRESION EN LA LINEA NO LLEGA AGUA A LOS PISOS	B	B	A	A	M	B	A	55	0.08	4
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF293	NO BOMBEA AGUA	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4

NO ENCIENDE LA BOMBA CUANDO LA PRESION CAIGA POR DEBAJO DE 100PSI	FF30	PRESOSTATO AVERIADO POR SOBRE VOLTAJE	MF301	NO BOMBEA AGUA	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF302	NO BOMBEA AGUA	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
		TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF303	NO PRENDE LA BOMBA	B	B	A	A	M	B	A	55	0.08	4
NO ENVIA LA SEÑAL PARA PRENDER EL SISTEMA CUANDO LA TEMP SUPERE LOS 150°C	FF31	SENSORES TAPADOS POR SUCIEDAD	MF311	NO DETECTAN HUMO ALARMADOS SIEMPRE	B	B	A	A	M	B	B	50	0.08	4
NO EMITE SEÑAL DE ALERTA CUANDO SE INTERRUMPA LA LUZ INFRAROJA	FF32	SENSORES TAPADOS POR SUCIEDAD	MF321	NO DETECTAN MOVIMIENTO EMITEN SEÑALES FALSAS	B	B	B	M	B	B	B	14	0.08	1
		SENSORES DESALINEADOS POR BASES FLOJAS	MF322	NO DETECTAN MOVIMIENTO EMITEN SEÑALES FALSAS	B	B	B	M	B	B	B	14	0.08	1
NO EMITE SEÑAL DE ALERTA CUANDO SE INTERRUMPA EL	FF33	TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF331	NO PRENDE	B	B	B	M	B	B	A	19	0.08	1
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF332	NO PRENDE	B	B	B	M	B	B	M	16	0.08	1

NO ENTREGA UNA POTENCIA ELECTRICA DE 0.5HP	FF34	BOBINAS EN CORTO POR AISLAMIENTO BAJO	MF341	NO SE MUEVE	B	B	M	M	B	M	A	33	0.58	19
		ROTOR FRENADO POR RODAMIENTOS DAÑADOS	MF342	NO SE MUEVE	B	B	M	M	B	M	M		30	0.58
NO CIERRA EL PASO DE VEHICULOS Y PERSONAS	FF35	PIÑONES ATASCADOS POR RODAMIENTO PEGADOS	MF351	INTERFERENCIA EN MOVIMIENTO RUIDO	B	B	M	M	B	M	M	30	0.58	17
		PIÑONES ROTOS POR FATIGAS	MF352	INTERMITENCIA EN MOVIMIENTO RUIDO	B	B	M	M	B	M	A	33	0.58	19
NO CONTROLA EL CIERRE A UNA VELOCIDAD CONSTANTE DE	FF36	TARJETA ELECTRONICA QUEMADA POR HUMEDAD	MF361	NO PRENDE NO SE MUEVE	B	B	M	M	B	M	A	33	0.58	19
		BREAKER EN CORTO POR SOBRE VOLTAJE	MF362	NO PRENDE NO SE MUEVE	B	B	M	M	B	M	B	28	0.58	16

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Ahora con base en el nivel de riesgo, se calculará la criticidad de cada una de las fallas descritas en la matriz de análisis de modos y efectos de fallas, con el objetivo de determinar la mejor estrategia para cada una de las fallas. Entonces se utilizará nuevamente los criterios de criticidad descritos en la tabla 1 del punto 3.4 de este documento. Se aplica nuevamente la metodología de criticidad y se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 13 Estrategia de Mantenimiento por Modo de Falla Según Criticidad

Cod. MF	NIVEL DE RIESGO DE FALLA	CRITICIDAD DE FALLAS X 10	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO
MF11	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF12	43	23%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF13	36	19%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF14	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF15	35	19%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF21	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF22	36	19%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF23	35	19%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF31	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF32	43	23%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF33	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF34	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF35	35	19%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF41	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF42	43	23%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF43	37	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF51	11	6%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF52	11	6%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF53	10	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF61	10	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF62	10	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF71	10	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF72	10	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF73	10	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF81	11	6%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF82	10	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF91	3	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF92	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF93	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF94	3	1%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO

MF101	8	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF102	8	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF103	7	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF104	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF111	8	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF112	7	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF113	7	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF114	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF121	32	17%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF122	29	16%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF123	20	11%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF124	27	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF125	29	16%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF126	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF127	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF131	27	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF132	29	16%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF133	27	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF141	29	16%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF142	29	16%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF143	27	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF151	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF152	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF153	29	16%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF161	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF171	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF172	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF181	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF182	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF191	28	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF192	25	13%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF193	28	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF194	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF195	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF196	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF197	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO

MF201	28	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF202	25	13%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF203	28	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF211	25	13%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF212	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF221	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF222	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF223	26	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF231	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF232	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF233	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF241	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF242	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF243	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF251	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF252	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF253	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF261	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF262	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF263	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF264	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF265	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF266	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF267	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF271	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF272	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF273	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF281	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF282	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF291	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF292	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF293	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO

MF301	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF302	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF303	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF311	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF321	1	1%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF322	1	1%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF331	1	1%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF332	1	1%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF341	19	10%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF342	17	9%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF351	17	9%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
MF352	19	10%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF361	19	10%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
MF362	16	9%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
TOTAL	1878		

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Podemos resumir la tabla anterior en la siguiente:

Tabla 14 Resumen Matriz Estrategia Mantenimiento por falla Según Criticidad

Etiquetas de fila	Cuenta de ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO
MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO	50
PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	62
Total general	112

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

6 DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Para el desarrollo del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, se aplicarán los puntos 5.7 análisis de modos y efectos de falla, 4.3 cálculo de riesgo y análisis de criticidad de equipos y el MTBF calculado en la tabla 2 del punto 4.1 cálculo de probabilidad de falla de equipos.

6.1 PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

El plan de mantenimiento de la sede seguro sura está basado principalmente en el preventivo, en el cual se tiene un listado de equipos individuales y sistemas para los cuales se han definido unas frecuencias de intervención. Estas actividades son ejecutadas en su mayoría por contratistas, ya que sura no cuenta con personal directo para ejecutar labores de mantenimiento. El contratista entonces ofrece un número determinado de vistas al año, en las cuales realizara inspecciones, pruebas de funcionamiento y cambio de repuestos según tiempo de uso, también ofrece la posibilidad de realizar los mantenimientos correctivos de emergencia y programados que surjan. Estos contratos tienen un valor fijo y se estipula un valor adicional por los mantenimientos correctivos, los repuestos y trabajos adicionales o de mejora son cotizados por aparte de este contrato, este contrato incrementa anualmente por general según el I.P.C. A continuación, se presenta el plan de mantenimiento actual:

Tabla 15 Plan de Mantenimiento Actual

ACTIVIDAD	FRECUENCIA N° VISITAS AL AÑO	NUMERO DE EQUIPOS
AIRES ACONDICIONADOS	6	30
PLANTAS ELECTRICAS	4	1
SUBESTACIONES ELECTRICAS	2	1
SISTEMA DE BOMBEO	6	2
ASCENSORES	12	2
NEVERAS	3	4
CONTROL DE PLAGAS	4	1
EXTINTORES	1	1
CUBIERTAS Y BAJANTES	2	1
LIMPIEZA DE TANQUES	3	3
UPS	2	4
REDES CONTRA INCENDIO	6	1
CERCAS ELECTRICAS, ALAMBRE Y CERRAMIENTO	3	1
COMPACTADORES DE BASURA	2	1
PORTONES	3	3
DISPENSADORES Y OZONIZADORES	3	4
AGUAS RESIADUALES	4	1
TOTAL		61

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

6.2 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CON BASE EN EL ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

Como se menciona en el inicio del punto 6 de este documento, con el AMEF su criticidad y el MTBF, se procede a definir el número de visitas o frecuencias de los contratistas optima que garantice la confiabilidad de los equipos.

Tabla 16 Actividades de Mantenimiento según AMEF - RCM

ACTIVIDAD	MTBF	CRITICIDAD DE FALLAS PROMEDIO	ACTIVIDADES DE MNTTO SEGÚN AMEF -RCM
Sistema de Aires Acondicionados	2	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
Planta eléctrica	2	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
Subestación eléctrica	12	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
Sistema de bombeo agua potable	2	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
Ascensores	4	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
Neveras	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
Equipos de Control de Plagas	0	0%	CORRECTIVO A FALLA
Extintores	0	0%	CORRECTIVO A FALLA
Cubiertas y bajantes	0	0%	CORRECTIVO A FALLA
Sistema de Tanques	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
Ups	0	0%	CORRECTIVO A FALLA

Sistema Red Contra Incendio	12	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	12	1%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
Compactadores de basura	0	0%	CORRECTIVO A FALLA
Portones	2	10%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO
Dispensadores y ozonizadores	2	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO
Sistema de Aguas residuales	0	0%	CORRECTIVO A FALLA

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

6.3 ACTUALIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Con base en el punto anterior se puede entonces actualizar el plan de mantenimiento al estipular un nuevo número de visitas o frecuencias de mantenimientos de los contratistas, adicional a esta frecuencia que tipo de estrategia decirle al contratista que implemente, lo cual garantizara la confiabilidad de los equipos.

Tabla 17 Plan de Mantenimiento Actualizado RCM

ACTIVIDAD	MTBF	CRITICIDAD DE FALLAS PROMEDIO	ACTIVIDADES DE MNTTO SEGÚN AMEF - RCM	FRECUENCIA N° VISITAS AL AÑO	NUMERO DE EQUIPOS
Sistema de Aires Acondicionados	2	20%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO	4	30
Planta eléctrica	2	15%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO	2	1
Subestación eléctrica	12	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	1	1
Sistema de bombeo agua potable	2	14%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO	2	2
Ascensores	4	5%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	4	2
Neveras	4	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	1	4
Equipos de Control de Plagas	0	0%	CORRECTIVO A FALLA	2	1
Extintores	0	0%	CORRECTIVO A FALLA	1	1
Cubiertas y bajantes	0	0%	CORRECTIVO A FALLA	1	1

Sistema de Tanques	6	3%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	3	3
Ups	0	0%	CORRECTIVO A FALLA	2	4
Sistema Red Contra Incendio	12	2%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	4	1
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	12	1%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	3	1
Compactadores de basura	0	0%	CORRECTIVO A FALLA	0	1
Portones	2	10%	MANTENIMIENTO POR CONDICION - PREDICTIVO - PREVENTIVO	3	3
Dispensadores y ozonizadores	2	4%	PREVENTIVO - CORRECTIVO PROGRAMADO	3	4
Sistema de Aguas residuales	0	0%	CORRECTIVO A FALLA	0	1

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

Como se puede evidenciar de la tabla anterior, muchas de las frecuencias han disminuido y las estrategias de mantenimiento se han modificado, en su mayoría predomina el mantenimiento preventivo con correctivo programado, en segundo lugar, el mantenimiento por condición y por último el correctivo a falla.

7 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUALIZADO

En este punto se revisará si se puede cumplir con el objetivo principal de este documento que es proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la sede de SEGUROS SURA en barranquilla que permita un ahorro mínimo del 15% en el presupuesto de mantenimiento actual.

7.1 PRESUPUESTO ACTUAL

Como se ha mencionado anterior mente, el presupuesto del actual plan de mantenimiento que está basado en preventivo y cuya ejecución recae sobre contratistas es el siguiente:

Tabla 18 Matriz de valores de contratos por contratista de mantenimiento

ACTIVIDAD	FRECUENCIA N° VISITAS AL AÑO	NUMERO DE EQUIPOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
AIRES ACONDICIONADOS	6	30	\$ 60,000	\$ 10,800,000
PLANTAS ELECTRICAS	4	1	\$ 800,000	\$ 3,200,000
SUBESTACIONES ELECTRICAS	2	1	\$ 3,300,000	\$ 6,600,000
SISTEMA DE BOMBEO	6	2	\$ 250,000	\$ 3,000,000
ASCENSORES	12	2	\$ 250,000	\$ 6,000,000
NEVERAS	3	4	\$ 90,000	\$ 1,080,000
CONTROL DE PLAGAS	4	1	\$ 300,000	\$ 1,200,000
EXTINTORES	1	1	\$ 800,000	\$ 800,000
CUBIERTAS Y BAJANTES	2	1	\$ 250,000	\$ 500,000
LIMPIEZA DE TANQUES	3	3	\$ 250,000	\$ 2,250,000
UPS	2	4	\$ 370,000	\$ 2,960,000
REDES CONTRA INCENDIO	6	1	\$ 550,000	\$ 3,300,000
CERCAS ELECTRICAS, ALAMBRE Y CERRAMIENTO	3	1	\$ 250,000	\$ 750,000
COMPACTADORES DE BASURA	2	1	\$ 150,000	\$ 300,000
PORTONES	3	3	\$ 250,000	\$ 2,250,000
DISPENSADORES Y OZONIZADORES	3	4	\$ 70,000	\$ 840,000
AGUAS RESIADUALES	4	1	\$ 250,000	\$ 1,000,000
TOTAL		61	\$ 8,240,000	\$ 46,830,000

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

En este presupuesto, podemos observar que existen una frecuencia de visitas donde el contratista realiza mantenimiento preventivo a un número determinado de equipos, el valor unitario está determinado por equipo y cuyo valor total entonces es el costo del contrato anual. En algunos casos como el control de plagas el número de equipos hace referencia al número de sede, como solo se está evaluando una sede, entonces el número de equipos es 1 y hace referencia al edificio completo.

7.2 PRESUPUESTO PROYECTADO DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

En este punto, no se modificará el valor unitario de los contratos, ya que el alcance principal es realizar una reducción en la frecuencia de visitas de los contratistas. Es de esperar que los valores asociados a cada visita disminuyan y que posiblemente al cambiar de estrategia de mantenimiento de algunos equipos exista algún incremento en la tarifa, pero no son objeto de interés para el análisis porque esto depende de una negociación.

Tabla 19 Presupuesto Proyectado del Plan de Mantenimiento Actualizado RCM

ACTIVIDAD	FRECUENCIA N° VISITAS AL AÑO	NUMERO DE EQUIPOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Sistema de Aires Acondicionados	4	30	\$ 60,000	\$ 7,200,000
Planta eléctrica	2	1	\$ 800,000	\$ 1,600,000
Subestación eléctrica	1	1	\$ 3,300,000	\$ 3,300,000
Sistema de bombeo agua potable	2	2	\$ 250,000	\$ 1,000,000
Ascensores	4	2	\$ 250,000	\$ 2,000,000
Neveras	1	4	\$ 90,000	\$ 360,000
Equipos de Control de Plagas	2	1	\$ 300,000	\$ 600,000
Extintores	1	1	\$ 800,000	\$ 800,000
Cubiertas y bajantes	1	1	\$ 250,000	\$ 250,000
Sistema de Tanques	3	3	\$ 250,000	\$ 2,250,000
Ups	2	4	\$ 370,000	\$ 2,960,000
Sistema Red Contra Incendio	4	1	\$ 550,000	\$ 2,200,000
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	3	1	\$ 250,000	\$ 750,000
Compactadores de basura	0	1	\$ 150,000	\$ -
Portones	3	3	\$ 250,000	\$ 2,250,000
Dispensadores y ozonizadores	3	4	\$ 70,000	\$ 840,000
Sistema de Aguas residuales	0	1	\$ 250,000	\$ -
TOTAL		61	\$ 8,240,000	\$ 28,360,000

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

7.3 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS

Finalmente podemos realizar una comparación sencilla entre los valores de los contratos y calcular la diferencia entre el actual plan de mantenimiento y la propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la sede de SEGUROS SURA en barranquilla que permita un ahorro mínimo del 15%.

*Tabla 20 Análisis de costos entre los planes de mantenimiento actual y propuesto
RCM*

ACTIVIDAD	VALOR TOTAL PROYECT.	VALOR PASADO	DIFERENCIA	DIFERENCIA %
Sistema de Aires Acondicionados	\$ 7,200,000	\$ 10,800,000	\$ 3,600,000	33%
Planta eléctrica	\$ 1,600,000	\$ 3,200,000	\$ 1,600,000	50%
Subestación eléctrica	\$ 3,300,000	\$ 6,600,000	\$ 3,300,000	50%
Sistema de bombeo agua potable	\$ 1,000,000	\$ 3,000,000	\$ 2,000,000	67%
Ascensores	\$ 2,000,000	\$ 6,000,000	\$ 4,000,000	67%
Neveras	\$ 360,000	\$ 1,080,000	\$ 720,000	67%
Equipos de Control de Plagas	\$ 600,000	\$ 1,200,000	\$ 600,000	50%
Extintores	\$ 800,000	\$ 800,000	\$ -	0%
Cubiertas y bajantes	\$ 250,000	\$ 500,000	\$ 250,000	50%
Sistema de Tanques	\$ 2,250,000	\$ 2,250,000	\$ -	0%
Ups	\$ 2,960,000	\$ 2,960,000	\$ -	0%
Sistema Red Contra Incendio	\$ 2,200,000	\$ 3,300,000	\$ 1,100,000	33%
Cercas eléctricas, alambre y cerramiento	\$ 750,000	\$ 750,000	\$ -	0%
Compactadores de basura	\$ -	\$ 300,000	\$ 300,000	100%
Portones	\$ 2,250,000	\$ 2,250,000	\$ -	0%
Dispensadores y ozonizadores	\$ 840,000	\$ 840,000	\$ -	0%
Sistema de Aguas residuales	\$ -	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	100%
TOTAL	\$ 28,360,000	\$ 46,830,000	\$ 18,470,000	39%

Fuente: DURAN MORA, Luis Eduardo.

De la tabla anterior podemos evidenciar que el ahorro neto posible generado por la propuesta, teóricamente podría ser del 39%, que en dinero sería un ahorro anual de DIESCIOCHO MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA MIL PESOS M/L (\$18.470.000). Y lo más importante sin afectar la confiabilidad de los equipos.

8 CONCLUSIONES

- El nivel de riesgo de un equipo permite evaluar como las condiciones operacionales y ambientales afectan la vida útil remanente del equipo, pero solo cuando se evalúa el conjunto de los sistemas y equipos se puede determinar cuál es el equipo más crítico, es decir un equipo puede tener un nivel de riesgo alto, pero dentro del contexto de la sede no necesariamente es el más crítico. En este punto la probabilidad de ocurrencia de falla es factor que castiga o eleva el nivel de riesgo.
- El análisis modos y efectos de falla permite determinar las causas posibles de falla por anomalías en el proceso de mantenimiento, teniendo en cuenta el contexto operacional y ambiental que afecta la integridad del equipo, con lo cual se puede identificar las verdaderas necesidades del equipo que deben ser atendidas por mantenimiento.
- Muchas de las frecuencias han disminuido y las estrategias de mantenimiento se han modificado, en su mayoría predomina el mantenimiento preventivo con correctivo programado, en segundo lugar, el mantenimiento por condición y por último el correctivo a falla.
- El ahorro neto posible generado por la propuesta, teóricamente podría ser del 39%, que en dinero sería un ahorro anual de DIECIOCHO MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA MIL PESOS M/L (\$18.470.000). Y lo más importante sin afectar la confiabilidad de los equipos.

9 RECOMENDACIONES

- Se recomienda replicar este análisis a todos los activos de las demás sedes, con el objetivo de implementar o mejorar mejores planes de mantenimiento, más acordes con el contexto de operación.
- Se recomienda realizar un análisis similar al mantenimiento locativo por impacto, ya que actualmente se evidencian mantenimientos innecesarios y cuyo plan puede ser optimizado.
- Se recomienda aplicar el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad propuesto por se demostró que su ahorro en comparación con el plan de mantenimiento actual, puede llegar a representar un ahorro hasta del 39% en el presupuesto.
- Se recomienda realizar una actualización anual del plan de mantenimiento, con el objetivo de registrar nuevas fallas presentadas para que este siempre sea fiel a la realidad del proceso de envejecimiento de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

- GRUPO SURA. GRUPO SURA. [En línea] 2017. <https://www.gruposura.com/Inversiones/Suramericana/Paginas/default.aspx>
- B. Yssaad a, ↑, M. Khiat b, A. Chaker b. Electrical Power and Energy Systems. Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. s.l. : ELSEVIER, 2013.
- Gutierrez, Alberto Mora. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfa omega GROUP, 2009.
- ISO, INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14224 - SECOND EDITION. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. 15 de 12 de 2006.
- ISO, INTERNATIONAL STANDARD. ISO 17776 - FIRTS EDITION. Petroleum and natural gas industries — Offshore production installations - Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment. 15 de 10 de 2000.
- Maintenance Excellence – Optimizing Equipment Life Cycle Cost – John D. Campbell– Andrew Jardine.
- Moubray, John. Reliability-centered maintenance RCM 2nd ed. U.S.A.: Industrial Press Inc., 1992.
- SAE – 1011 Evaluation Criteria for reliability – centered maintenance (RCM) processes, sl. : Society of automotive engineers, 1999.

- SAE – J1739/JA 1011 Potential failure mode and effects analysis in design (design fmea) and potential failure mode and effects analysis in manufacturing and assembly processes (process fmea reference manual) (FMEA), sl. : Society of automotive engineers 1994.
- V.S. Deshpande*, J.P. Modak. Reliability Engineering and System Safety. Maintenance strategy for tilting table of rolling mill based on reliability considerations. s.l. : ELSEVIER, 2002.