

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

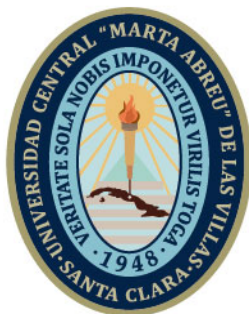
Título: Análisis del sistema de cámaras frías a través del Mantenimiento Basado en el Riesgo en el Hotel Selection Iberostar Ensenachos.

Autor: Lisdaimy Toledo Montiel

Tutor: MS.c. Ing. José Ulivis Espinosa Martínez

, Noviembre, 2021

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Industrial Engineering Department

Academic Departament

Title: Analysis of the cold chamber system through Risk-Based Maintenance at the Hotel Selection Iberostar Ensenachos.

Author: Lisdaimy Toledo Montiel

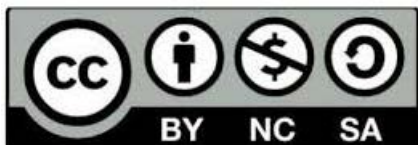
Thesis Director: MS.c. Ing. José Ulivis Espinosa Martinez

Santa Clara , November 2021
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-141

Agradecimientos

- *A mi padre, por los principios que me inculcó y por toda la enseñanza que me dio cuando estuvo presente, las que me han permitido ser la persona que soy.*
- *A mi madre, por ser la persona más importante en mi vida, por ser esa amiga incondicional que me apoya y me escucha cada vez que la necesite; por comprenderme, quererme y por nunca dejarme sola. Todo este logro es para ti.*
- *A mi hermana, que es mi guía, por brindarme todo su apoyo y estar siempre ahí para lo que necesite, por ser mi amiga y mi confidente. Gracias por todo eres y serás siempre mi ejemplo a seguir.*
- *A mis abuelos paternos Milagro y Orfelino, por ser tan especiales, por brindarme tanto amor y cariño. A pesar de no estar físicamente con nosotros, estoy segura que estarán muy orgullosos de que su nieta al fin es ingeniera.*
- *A mi tía Idálmis y familia, por apoyarme, ayudarme y brindarme mucho amor y confianza a lo largo de mi vida. Por estar ahí para mí cada vez que la he necesitado.*
- *A mi novio Ernesto, por el simple hecho de estar en mi vida para ofrecerme cada amanecer una sonrisa, por comprenderme y brindarme siempre su amor. Gracias por ser como eres; y agradecerle también a su familia por ser tan especiales conmigo.*
- *A mis abuelos maternos Mima y Ale, por quererme y por estar orgullosos siempre de su nieta ingeniera.*
- *A mis tutores por su dedicación, esfuerzo y entrega a pesar de las circunstancias que nos rodea, pues gracias a ellos ha sido posible obtener los resultados soñados, por lo que estaré eternamente agradecida.*
- *A mi amiga y compañera Sijany por apoyarme siempre, por escucharme, por darme consejos, por compartir conmigo momentos inolvidables y por ser esa persona que llegó para quedarse.*

- *A mis amigas de la vieja guardia: Melisa, Ana Alina, Lizandra, Lidiany y Tairy por demostrarme mucho amor y apoyo en todos estos años a mi lado.*
- *En general, a toda mi familia, a mis tíos, a mi padrastro, mis vecinos y a toda aquella persona que de una forma u otra ha aportado un granito de arena para que mi sueño de convertirse en Ingeniera Industrial fuera posible.*

Dedicatorias

Durante varios años de nuestras vidas nos pasamos averiguando que es lo que queremos ser de adultos. Llega el momento decisivo y siempre hay algo o alguien que te motiva; en mi caso fue seguir el ejemplo de una persona integral, inteligente, de inalcanzable principios éticos, un gran amigo, compañero y un excelente padre. En donde quieras que estés te doy las gracias y espero que estés muy orgulloso de mi esfuerzo y sacrificio. Hoy tu bebé más pequeña se ha convertido en Ingeniera Industrial; al fin ha llegado el gran día. Gracias papá.

Gracias también a mi madre y a mi hermana que sin su apoyo y amor estos duros años no hubieran sido posibles.

Gracias a todos .Los

AMO.

“Al ponerle fecha a un sueño se convierte en meta, una meta dividida en plazo se convierte en un plan y un plan apoyado por acciones se convierte en realidad.”

Paul Valery

Resumen

En la presente investigación se aplica un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR) con el objetivo de dar respuesta al problema de investigación: ¿Cómo contribuir al mejoramiento del sistema de cámaras frías en el Hotel Iberostar Ensenachos? A partir de una revisión bibliográfica son creadas las bases conceptuales sobre las que se sustenta la misma y fue escogido dentro de varios procedimientos para evaluar el riesgo asociado a la gestión mantenimiento y la gestión energética a través de los modos de fallos del sistema de cámaras frías, del autor Espinosa Martínez and de la Paz Martínez (2017). El estudio se realizó a dos de los equipos del sistema de cámaras frías los compresores y las válvulas solenoides. La aplicación práctica del mismo arrojó que los tipos de mantenimientos a realizar para los compresores son el preventivo planificado y predictivo asociados al nivel de riesgo correspondiente a cada causa de fallo, reflejándose un 31% de medio y un 69% de alto; y en el caso de las válvulas se realizará mantenimiento preventivo planificado, el mantenimiento predictivo y el correctivo, reflejándose un 75% de alto, un 16% de medio y un 9% de bajo. Además, fue propuesto un plan de mejoras enfocadas al funcionamiento del sistema de cámaras frías con el propósito de prevenir los modos de fallos del sistema y brindar un excelente servicio al cliente en dicha entidad.

Summary

In this research, a Risk Based Maintenance (MBR) procedure is applied in order to respond to the research problem: How to contribute to the improvement of the cold chamber system in the Hotel Iberostar Ensenachos? From a bibliographic review, the conceptual bases on which it is based are created and it was chosen within several procedures to evaluate the risk associated with maintenance management and energy management through the failure modes of the cold chamber system, by the author Espinosa Martinez and de la Paz Martinez (2017). The study was carried out on two of the equipment of the cold chamber system, the compressors and the solenoid valves. The practical application of the same showed that the types of maintenance carried out for the compressors are the planned and predictive preventive associated with the level of risk corresponding to each cause of failure, reflecting a 31% average and 69% high; and in the case of valves, planned preventive maintenance, predictive and corrective maintenance will be carried out, reflecting a 75% high, 16% medium and 9% low. In addition, an improvement plan focused on the operation of the cold chamber system was proposed in order to prevent the failure modes of the system and provide excellent customer service in said entity.

Índice	
Introducción	1
CAPÍTULO I Marco teórico referencial de la investigación	5
1.1. Introducción	5
1.2 Generalidades de mantenimiento	6
1.2.1 Definición del Mantenimiento	6
1.2.2 Evolución del mantenimiento	7
1.2.3 Objetivos del mantenimiento	9
1.2.4 Funciones del Mantenimiento	10
1.2.5 Gestión del Mantenimiento	11
1.2.6 Tipos de Mantenimiento	14
1.3 Sistemas de mantenimiento	15
1.4 Mantenimiento Basado en el Riesgo	18
1.5 El Mantenimiento y la eficiencia energética	19
1.6 Mantenimiento en Cuba	21
1.6.1. Mantenimiento basado en riesgo en Cuba	22
1.7. Mantenimiento en el Mintur	23
1.7.1. El Mantenimiento en el grupo Gaviota S.A.	23
1.8. Conclusiones parciales	25
Capítulo II: Caracterización del hotel Iberostar Selection Ensenachos. Aplicación del procedimiento de MBRE	26
2.1. Introducción	26
2.2. Caracterización del hotel Iberostar Ensenachos	26
2.2.1. Caracterización de departamento de SSTT	28
2.3. Aplicación del procedimiento de MBR	30
2.4. Conclusiones parciales	45
Conclusiones generales	46
Recomendaciones	47
Bibliografía	48
Anexos	55

Introducción

El actual modelo globalizado ha obligado a sobrevivir en un entorno cada vez más cambiante con el objetivo de poder alcanzar los altos niveles de calidad obtenidos por la competencia. Son muchos los esfuerzos que se están realizando para garantizar el aumento de la disponibilidad de los equipos y reducción de la tasa de fallos imprevistos, los cuales deben ser obtenidos con una optimización del binomio calidad/costo de mantenimiento. Según (De la Paz Martínez, 2015), (Arancibia Fuentes, 2019), (Robles et al., 2019) y (Betancourth Bolívar, 2020) de manera general, mantenimiento son las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos fijos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, para lograr una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad del personal.

El turismo forma parte de uno de los principales sectores económicos a nivel mundial, siendo objeto de estudio en diversos destinos geográficos. Esta actividad económica opera como fuente de oportunidades para la modernización socioeconómica y cultural de un área geográfica, siendo el patrimonio un factor de cohesión social por las importantes sensibilidades a las que afecta. En consecuencia, son más frecuentes los modelos que giran en torno al desarrollo sostenible del turismo de un destino. En este sentido, los recursos culturales, naturales y patrimoniales forman parte de una red de gran valor y riqueza, que deben promocionarse y comercializarse de forma sostenible, con el objetivo de mejorar el desarrollo socioeconómico de las poblaciones locales en los destinos y la conservación de los recursos. Los países en vías de desarrollo están considerando cada vez más a la actividad turística como un motor de su desarrollo endógeno y, junto a los atractivos intrínsecos del destino, permite un importante desarrollo sectorial, consolidándose el turismo en muchos países pobres y en vías de desarrollo como la principal fuente de divisas y de creación de empleo.

El turismo en Cuba no está ajeno a esta situación por lo que realiza una continua, dinámica y eficiente preparación de sus recursos humanos, para que sean portadores de una alta profesionalidad en su desempeño. Este sector de los servicios, es uno de los factores fundamentales para la reanimación y modernización de la producción nacional y se encuentra urgida en el perfeccionamiento de su gestión de mantenimiento como parte de

la implantación de un sistema de calidad total, que le permita satisfacer las exigencias de la sociedad y los consumidores para enfrentar los retos de la competencia. Por lo tanto, es necesario mantener todos los activos fijos en condiciones óptimas de explotación cumpliendo los estándares establecidos para satisfacer los clientes.

A diferencia de otras ramas de la industria, las instalaciones hoteleras se caracterizan por mantenerse dando servicio todos los días del año, sus 24 horas, y el cliente siempre está recibiendo el servicio en tiempo real, lo que cualquier insuficiencia en equipos, sistemas e inmuebles, se convierte inmediatamente en una insatisfacción. El mantenimiento en las instalaciones hoteleras constituye una de las bases fundamentales para el mejor desempeño de la actividad del turismo, por cuanto un hotel con un mantenimiento adecuado se convierte en una fuente de satisfacción del cliente y contribuye a que disfrute en toda su plenitud de las oportunidades que el mismo ofrece a la vez que propicia que sus visitas al lugar se repitan una y otra vez.

En el sector del turismo el desarrollo de la gestión de mantenimiento está estrechamente vinculada con la eficiencia energética de los equipos altamente consumidores. No se encuentra ajeno a esto el Hotel Iberostar Ensenachos, subordinado a la Delegación Territorial del Centro perteneciente al Grupo de Turismo Gaviota S.A., es un hotel de 5 estrellas construido y diseñado para prestar servicios de alojamiento turístico a clientes nacionales y extranjeros que inciden de forma eventual o a través de agencias promotoras de viajes, con el objetivo de disfrutar de las bellezas de sus playas y de los servicios que se ofertan.

Dicho hotel cuenta con un departamento de Servicios Técnicos (SS.TT), el cual se auxilia de un manual, basado en el (Manual., 2011) que pretende ser una herramienta de trabajo para llevar a feliz término las tareas de mantenimiento. El sistema de mantenimiento aplicado en el hotel es el Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), sin embargo la política de mantenimiento empleada no garantiza la confiabilidad requerida en los equipos y no contemplan las deficiencias energéticas a partir de las fallas detectadas en las inspecciones de mantenimiento, elevándose los costos de esta actividad y con ellos los costos totales de la entidad por una incorrecta utilización de los recursos y medios disponibles o inexistencia de piezas de repuesto. No obstante, a lo anteriormente planteado, se han realizado varias investigaciones como parte de las investigaciones asociadas a la investigación asociada al Proyecto " Contribución al mejoramiento de la sostenibilidad en destinos turísticos de sol y playa mediante la gestión de riesgos sociales, económicos y

ambientales”, sobre la integración entre la gestión de mantenimiento y la gestión energética a través de la identificación, análisis y valoración de los riesgos asociados a esa integración en los sistemas ingenieros del hotel objeto de estudio práctico.

La **situación problemática** anteriormente declarada conduce a la presente investigación que tiene como **problema de investigación**: ¿Cómo contribuir al mejoramiento del sistema de cámaras frías en el Hotel Iberostar Ensenachos?

El **objetivo general** de la presente investigación consiste en: Aplicar un procedimiento de Mantenimiento Basado en Riesgo para el sistema de cámaras frías del Hotel Iberostar Selection Ensenachos.

Para dar cumplimiento al objetivo general se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Seleccionar el procedimiento a aplicar para la implementación del Mantenimiento Basado en Riesgo a partir de la construcción de un marco teórico referencial.
2. Aplicar el procedimiento del Mantenimiento Basado en Riesgo seleccionado al sistema de cámaras frías en el Hotel Iberostar Ensenachos.

Su valor práctico radica en la factibilidad y pertinencia de poder aplicar total o parcialmente el procedimiento propuesto, con la adecuación de las herramientas de gestión a la realidad en los sistemas de cámaras frías en el Hotel Iberostar Ensenachos, en correspondencia con las políticas del Ministerio del Turismo (MINTUR) que tiene definida su política de mantenimiento, según Resolución Ministerial No. 102: 2020, para aplicar en todas sus estructuras y por supuesto en todas las entidades hoteleras de Cuba. En la misma se establece como primer principio del mantenimiento: “El mantenimiento y la reparación están orientados a garantizar una alta disponibilidad, confiabilidad y mayor tiempo de vida del activo, calidad del producto turístico sostenible, permanente seguridad del servicio al cliente, un elevado rendimiento energético y la protección del medio ambiente”. Igualmente se establece: “Priorizar, fortalecer y consolidar el Mantenimiento Preventivo aunque no descarta la utilización con otros métodos”. (Resolución., 2020)

La estructura del trabajo es la siguiente: un primer capítulo donde se construye la revisión bibliográfica de la Investigación para llegar a una conceptualización de las definiciones, elementos y tendencias principales del campo objeto de estudio, así como la selección de un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo; un segundo capítulo de caracterización de la entidad objeto de estudio, aplicación del procedimiento de MBR seleccionado, además, se muestran las principales conclusiones alcanzadas con el

desarrollo del trabajo; un grupo de recomendaciones que contribuyen a desarrollar trabajos futuros que enriquezcan el resultado alcanzado, la bibliografía consultada y finalmente se expone un grupo de anexos de necesaria inclusión para fundamentar, destacar y facilitar la comprensión de los aspectos de mayor complejidad tratados en el cuerpo del documento.

CAPÍTULO I Marco teórico referencial de la investigación

1.1. Introducción

En este capítulo se muestra un análisis de diferentes fuentes bibliográficas, con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación, fundamentalmente todo lo relacionado con la Gestión del mantenimiento basado en los riesgos que serán de utilidad para la elaboración y comprensión del trabajo en cuestión. La revisión realizada se estructuró de forma tal que permitiera el análisis del estado del arte y de la práctica como se muestra en la figura 1.1

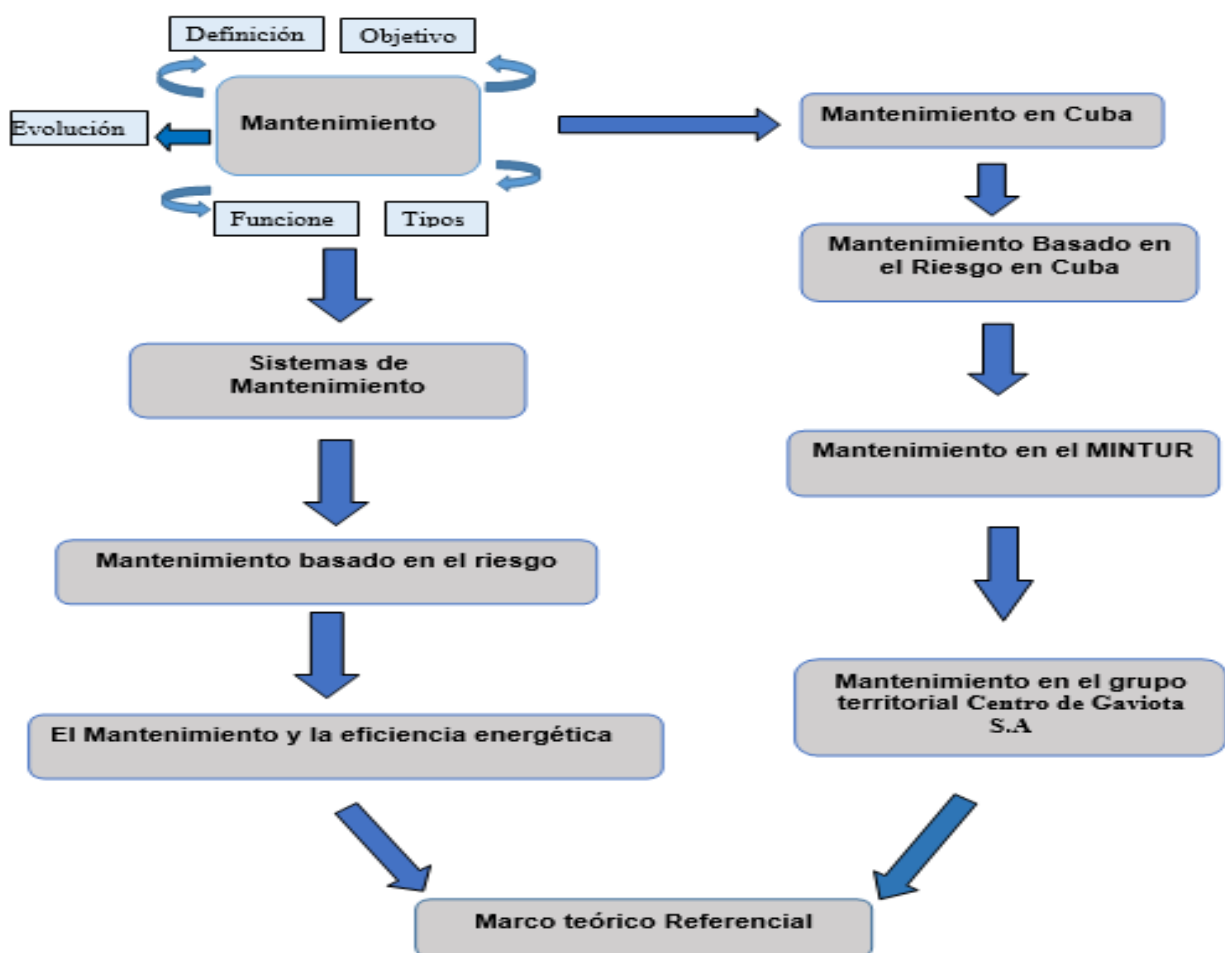


Figura 1.1 Estrategia seguida para la construcción del marco teórico referencial de la investigación. **Fuente:** elaboración propia.

1.2. Generalidades de mantenimiento

No es posible determinar con plena exactitud cuándo aparece el mantenimiento pero desde los mismos inicios de la especie humana ha estado presente en todas las actividades de subsistencias. Más adelante, en el siglo xx, comienzan a desarrollarse filosofías de mantenimiento, cada una influida por diferentes generaciones, las que evolucionaron hasta la creación de los sistemas actuales de mantenimiento.

La complejidad empresarial de hoy en día, el gran desarrollo tecnológico involucrado en los equipos de producción y en edificios e instalaciones de prestación de servicios, hacen que el mantenimiento se deba estudiar y aplicar con mayor contenido científico, rigurosidad analítica y profundidad, si se desea que alcance su objetivo principal, bajo las condiciones actuales y futuras de sus clientes (Mora Gutiérrez, 2012).

1.2.1. Definición del Mantenimiento

El término mantenimiento ha sido expresado en diferentes libros, revistas y otros documentos con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso de la empresa u organización de que se trate. Varios son los autores (De la Paz Martínez, 1996) ; (Sánchez Sánchez, 1999);(González-Quijano, 2004);(Borroto Penton, 2005);(Batista Rodríguez, 2008);(Alfonso Llanes, 2009);(Orihuela García, 2010) ;(De la Paz Martínez, 2015);(Rodríguez Machado, 2012);(Aguilar De Oro, 2012) que hacen una caracterización del largo camino recorrido en el desarrollo del concepto de mantenimiento, en los que se definen las particularidades y elementos comunes de cada propuesta, así como sus objetivos, tareas y funciones. Independientemente de la definición que se utilice, se percibe que los conceptos citados utilizan las expresiones “mantener”, “restablecer”, “conservar”, “restaurar” o “preservar” la función pretendida del activo hasta el estándar de funcionamiento deseado por sus usuarios.

La autora se identifica con el concepto presentado por (De la Paz Martínez, 2015) que proporciona una visión más integral de esta actividad, en consonancia con la dimensión que ha alcanzado esta función en la actualidad y con su impacto en el entorno empresarial, dígame: mantenimiento es la integración de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad durante su ciclo de vida.

De la Paz Martínez (2015), con relación al servicio de hotelería señala que el mantenimiento puede definirse como los esfuerzos dirigidos a mantener los activos físicos en excelentes condiciones, a la vez que se brinda calidad en el servicio a un costo razonable y asegurándose de que se superan con creces las expectativas del cliente.

1.2.2. Evolución del mantenimiento

Durante años el mantenimiento ha ido evolucionando y esto se debe principalmente al enorme aumento en número y variedad de los activos físicos que deben ser mantenidos en todo el mundo, a la elaboración de diseños más complejos y al uso de nuevos métodos de mantenimiento.

Como todo proceso evolutivo sigue una secuencia de etapas, varios autores (Moubray, 1997);(Alkaim., 2003); (Cardoso de Moraes, 2004);(Pérez Jaramillo, 2004);(Amaris Arias, 2006) representan la evolución del mantenimiento a través de tres etapas, se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías de mantenimiento hasta los días de hoy, de forma tal que actualmente se puede hablar de una cuarta generación del mantenimiento abordada por (González-Quijano, 2004);(Alfonso Llanes, 2009) y actualmente algunos autores (Kallen. and Kuniewski, 2009) ;(García Garrido, 2010); (Rodríguez Machado, 2012) hablan de una quinta generación. A continuación se exponen las cinco generaciones.

La primera generación cubre el periodo entre 1930 y la segunda guerra mundial. En esta época la industria estaba poco mecanizada y por tanto los tiempos fuera de servicio no eran críticos, lo que llevaba a no dedicar esfuerzos en la prevención de fallos de equipos. La maquinaria era sencilla por lo que la reparación en caso de avería era fácil y confiable. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados ni personal altamente calificado. Esta etapa se caracterizó por el mantenimiento reactivo o correctivo en que se reparaba en caso de avería.

La segunda generación cubre el periodo desde la segunda guerra mundial hasta los años 1970. Durante la segunda guerra mundial las cosas cambiaron drásticamente. Hacia el año 1950 se hacía evidente el tiempo improductivo de una máquina y cada vez se notaba más la dependencia de las fábricas industriales hacia los procesos mecanizados por lo cual se había construido equipos con mayor complejidad. Entonces nació el concepto de mantenimiento programado que tuvo como principio que las fallas se podían y se debían de prevenir, y por tanto, evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas, llevando a cabo una revisión completa en intervalos fijos. El costo del mantenimiento se tornó representativo y para su efecto se comenzó con sistemas de control y planeación del

mantenimiento. Esta etapa se caracterizó entonces por el uso extensivo de la estrategia de mantenimiento preventivo.

Esta generación perseguía como objetivos: mayor disponibilidad de la planta, mayor vida de los equipos, menor costo. Todo ello generó la planificación del mantenimiento, sistemas de control para el mantenimiento y la incorporación de la informática al mantenimiento a través de grandes ordenadores.

En la tercera generación aparecen nuevas expectativas: condición de máquina vs calidad del producto, se incorporan los conceptos de seguridad y salud y cuidado del medio ambiente. La competitividad obliga a enfocarse en los costos. Se desarrollan nuevas estrategias de mantenimiento como son: el mantenimiento predictivo y proactivo. A la vez se desarrollan métodos estadísticos como: el monitoreo a condición, gestión de riesgos, modo de fallo, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikahua, análisis causa raíz y AMFE. En esta generación aparecen: el mantenimiento productivo total (TPM, siglas en inglés) y el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, siglas en inglés).

La cuarta generación: en los últimos años se vivió un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la Gestión del mantenimiento. Hasta finales de la década de los 90, los desarrollos alcanzados en la tercera generación del mantenimiento incluían:

- Herramientas de ayuda a la decisión, como estudios de riesgo, modos de fallo y análisis de causas de fallo.
- Nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición.
- Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la fiabilidad y mantenibilidad.
- Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

A estos desarrollos, se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías de mantenimiento, de tal forma que se puede hablar de una cuarta generación del mantenimiento.

La nueva etapa se centra en la eliminación de fallos utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias del fallo, sino que se debe encontrar la causa de ese fallo para eliminarlo y evitar así que se repita. Así mismo, existe una preocupación creciente de la importancia de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estas propiedades desde la fase de diseño del proyecto. Otro punto

importante es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento.

Esta generación tiene definidos como objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al medio ambiente, mayor vida de los equipos, eficiencia de costos, mayor mantenibilidad, relación patrones de fallos y eliminación de los fallos. Para sustentar estos objetivos las técnicas utilizadas son las siguientes: monitoreo de condición, utilización de ordenadores pequeños y rápidos, modos de fallo y causas de fallo (FMEA, FMECA, por sus siglas en inglés), polivalencia, relación trabajo en equipo y mantenimiento autónomo, estudio fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto, gestión del riesgo, sistemas de mejora continua, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, relación mantenimiento proactivo y eliminación del fallo, grupos de mejora y seguimiento de acciones.

La quinta generación: a finales del siglo XX y principios del XXI, la importancia de los recursos energéticos por su coste y por su carácter de agotables hace que la eficiencia energética tenga un papel capital en el mantenimiento y explotación de las instalaciones, incluyendo en muchos casos la cesión de los contratos energéticos a las empresas mantenedoras, que en ese caso se encargan de comprar la energía primaria y vender la energía útil transformada garantizando unos ratios establecidos en contrato. Hacia esta dirección tiende la que he llamado quinta generación de mantenimiento. De este modo la propiedad puede dedicarse exclusivamente a su actividad principal mientras la empresa mantenedora se dedica a la explotación técnica del edificio.

1.2.3. Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento debe cumplir dos objetivos fundamentales: reducir costos de producción y garantizar la seguridad industrial. De acuerdo con varios autores (Torres, 2005);(Neto Chusin, 2008);(De la Paz Martínez, 2015);(Céspedes Hernández, 2016);(Heredia Almaguer, 2016) se han definido los objetivos de mantenimiento que se pueden concretar de forma general en:

1. Garantizar la máxima disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
2. Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
3. Cumplir todas las normas de seguridad para evitar accidentes y mantener la conservación del medio ambiente.
4. Maximizar la productividad y eficiencia.
5. Prolongar la vida útil económica de los activos fijos.

6. Conseguir estos objetivos a un costo razonable.

Estos objetivos son los más probables dentro de una industria, estarían asegurando la disponibilidad de equipo y las instalaciones con una mayor confiabilidad de la misma y con el menor costo posible.

1.2.4. Funciones del Mantenimiento

Portuondo Pichardo (Portuondo Pichardo, 1990) plantea que las funciones de mantenimiento caracterizan y de hecho justifican la existencia de una subdivisión de la empresa dedicada al mantenimiento. Al respecto describió las funciones básicas de mantenimiento desglosadas en primarias y secundarias. Parra Márquez (Parra Márquez, 2019) coincide con Portuondo en su planteamiento de que las funciones de mantenimiento pueden clasificarse en dos grupos (primarias y secundarias); atendiendo a la dedicación por parte del grupo de mantenimiento. Afín con los autores antes citados las funciones se pueden concretar de forma general en:

Funciones básicas o primarias:

- Mantenimiento del equipo industrial.
- Mantenimiento de edificios y terrenos.
- Inspección y lubricación de equipos.
- Gestión de la información relativa al mantenimiento.
- Modificación de las instalaciones y realización de las instalaciones nuevas.

Funciones secundarias:

- Protección técnica de las instalaciones.
- Gestión de almacenes de mantenimiento.
- Seguridad de las plantas.
- Eliminación de residuos.
- Limpieza de las edificaciones y áreas no productivas.

En particular Portuondo Pichardo en éstas incluye la generación y distribución de algunas Producciones auxiliares (energía eléctrica, vapor, aire comprimido, aire para instrumentos y agua de enfriamiento). (Portuondo Pichardo, 1990)

Por su parte Arce (Arce, 2005) no las clasifica en grupos, las aborda de forma general especificando que deben ser ajustadas a las condiciones de cada empresa, ellas son:

- Corregir las fallas que se presentan en las máquinas y equipos, ya sea trabajos de inspección y de lubricación.
- Proceder a desarrollar las diversas modificaciones a los equipos, cuando lo ameriten.
- Desarrollar programas de capacitación para el personal técnico y administrativo.
- Diseñar sistemas de control que permitan evaluar las cantidades óptimas de repuestos y materiales que se deben tener en bodega.
- Elaborar los procedimientos para la ejecución de los trabajos de mantenimiento y su respectiva evaluación de cumplimiento.
- Desarrollar mecanismos de control para lograr determinar los costos en que incurren los trabajadores de mantenimiento.

El autor del presente trabajo de diploma considera que las funciones de mantenimiento deben estar coordinadas entre si y orientadas hacia un fin en común, maximizar la disponibilidad de la maquinaria y equipos para la producción, y preservar el valor de las instalaciones, minimizando su uso y deterioro

1.2.5. Gestión del Mantenimiento

En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación, la primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento (Mora Gutiérrez, 2012).

En una empresa la gestión se refiere a su administración y está relacionada con el proceso administrativo las cuales se sintetizan abruptamente en general con las escuelas modernas de gestión. El esquema moderno de mantenimiento implica la vinculación de herramientas propias de la gestión y el concepto integral se maneja desde la base de utilizar en forma eficaz y eficiente los factores productivos en forma individual y conjunta.

Para (Di Stefano et al., 2006);(Rodríguez Machado, 2012);(Velazquez Pérez, 2014);(De la Paz Martínez, 2015);(Olives Masip, 2015);(Llerena Morera, 2016) y (Parra Márquez, 2019) la Gestión del Mantenimiento tiene como objetivo fundamental garantizarle al cliente, tanto externo como interno, la disponibilidad de los activos fijos cuando lo necesiten, con seguridad y confiabilidad total durante el tiempo óptimo necesario para operar con las condiciones tecnológicas exigidas previamente, para llevar a cabo la producción de bienes o servicios que satisfagan las necesidades o requerimientos de los clientes, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitado en el momento oportuno, reduciendo al máximo los costos, y con los mayores índices de rentabilidad, productividad y competitividad posible.

Dado que en la actualidad el mantenimiento está destinado a ser el pilar fundamental de toda empresa que considere ser competitiva, se hace necesario utilizar técnicas y métodos para la planificación, organización, ejecución y control de actividades que garanticen el buen desempeño del equipamiento e instalaciones, según autores como (De la Paz Martínez, 2015);(Moreira Cano, 2017);(Salazar López, 2019). Lo anterior resulta imposible sin una eficiente estrategia y organización de esta disciplina en cada empresa, sobre todo por la estrecha relación que existe entre producción y mantenimiento. A continuación, se describen las etapas que componen la gestión de mantenimiento.

Planificación

Según (Borroto Penton, 2005);(De la Paz Martínez, 2015);y (Troya, 2016) se denomina planificación del mantenimiento al conjunto de actividades que a partir de las necesidades de mantenimiento definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad.

Para (Tomlinsong, 2010) en esta fase de planificación se definen las acciones de mantenimiento (preventivo y correctivo) a realizar en los equipos o las instalaciones, los recursos necesarios (materiales y humanos) y se establece el balance de las cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo.

Por su parte, (Hernández Milia, 2010); (Fernández Llanes, 2011);(Leon Marquez, 2010);(Rivero Rodríguez, 2016) ,señalan que deben ser cubiertos por la planificación los planes de mantenimiento, manejo de repuestos y partes, recursos humanos, manejo de contratistas (terceros), recursos físicos y recursos financieros.

Organización

La organización del mantenimiento debe dar respuesta a las preguntas: ¿qué hacer? y ¿cómo hacerlo? Para ello se vale de dos fases: la fase organizativa donde se determina la estructura de trabajo, las funciones dentro de esta, las relaciones externas e internas, los procedimientos para el flujo y registro de información y documentación; y la fase preparatoria donde se define la preparación de los recursos (materiales y humanos), la documentación y las instalaciones (Hernández Milia, 2010);(Leon Marquez, 2010);(Fernández Llanes, 2011). Es de destacar que en muchas organizaciones, en el contexto empresarial cubano, aunque no dejan de considerarse muchos de los elementos mencionados anteriormente, la planificación y organización del mantenimiento han tendido a depender de la experiencia y la percepción de los operadores y a ser manejada

sensorialmente; se ha centrado en inspecciones cualitativas del estado de los equipos, debido a la dificultad para determinar cuantitativamente el nivel de deterioro de los mismos, además de no ser constante el considerable número de información que se ha de procesar (Alfonso Llanes, 2009). Esto trae consigo un sinnúmero de problemas que se necesitan enfrentar para el mejoramiento de la confiabilidad y eficiencia de los equipos.

Ejecución

La esencia de la ejecución es realizar las actividades de mantenimiento de forma efectiva y eficiente, para aumentar la productividad en la gestión y cumplir exitosamente con los programas establecidos (Fabro, 2003).

Las tareas específicas en la ejecución del mantenimiento son las siguientes:

- Servicios técnicos: revisión, limpieza y fregado, lubricación, pruebas de regulación (ajustes y tolerancias perdidos por causas imprevistas) y conservación para la no operación.
- Protección contra la corrosión activa o pasiva: pintura y protecciones especiales.
- Inspecciones: controles del desgaste, revisión de los instrumentos de medición y revisión de los dispositivos de seguridad.
- Reparaciones: pequeñas, medianas y generales.

La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros o por la combinación de ambas. La tendencia general es hacia organizaciones de tipo mixto, descentralizadas por sectores como plantea (Augusto Tavares, 1999) y (Sotuyo Blanco, 2001). Para ejecutar el mantenimiento por medios propios la empresa debe disponer de los recursos (materiales y humanos) que se necesitan para desarrollar las labores y asegurar una adecuada utilización de los mismos (Borroto Penton, 2005). De no cumplirse estas condiciones debe acudir a la tercerización que no es más que una herramienta muy empleada por las organizaciones (Alfonso Llanes, 2009) sin embargo, no es simplemente una decisión de hacer o comprar, sino, más bien un acuerdo contractual donde un proveedor le brinda servicios o procesos a otra compañía. Es importante señalar que por lo general las funciones que se someten a la tercerización, antes deben haberse desarrollado internamente.

Evaluación y control

Varios autores como (Meer-Kooistra and Vosselman, 2000);(Leong et al., 2012);(Norman, 2012);(Yssaad B et al., 2014);(Céspedes Hernández, 2016);(Rivero Rodríguez, 2016) , coinciden en plantear que cada sistema de mantenimiento incluye un método de control por

lo general expresado en función de tasas, cuotas y razones o índices para determinar cómo marchan las cosas y por qué marchan, a fin de que permitan tomar decisiones.

Por otra parte (Alfonso Llanes, 2009) señala que existen diversas formas para realizar la evaluación de la gestión del mantenimiento. Todas estas formas pueden resumirse en dos grandes grupos: medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento y valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías.

Según, (Acosta Palmer, 2012);(Barone and Frangopol, 2014);(Castellanos López, 2015);(Mena Sánchez and Alfonso Llanes, 2016);(Troya, 2016), una vez gestionados los recursos disponibles para llevar a cabo el mantenimiento es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, comparándolo con las metas prefijadas. El control es una acción a ser realizada en forma constante en la organización, aunque existe una fuerte tendencia al autocontrol, utilizando mecanismos simples sobre la base de los objetivos definidos para un período determinado. Está basado en patrones de comparación preestablecidos, en consecuencia, será eficaz en la medida en que los resultados de su aplicación sean económicos y sirvan para tomar medidas de corrección.

1.2.6. Tipos de Mantenimiento

Existe gran diversidad de criterios referente a los tipos de mantenimiento. Algunas de las denominaciones más utilizadas para definir los tipos de mantenimiento según autores como (Villada Duque, 1998);(Torres, 2005);(Espinosa Fuentes, 2013);(Dumagualla Encalada, 2014);(Alrabghi and Tiwari, 2015) , son:

Mantenimiento correctivo: se encarga de realizar la reparación una vez que se ha producido la avería o el paro de la máquina o instalación. Dentro de este tipo de mantenimiento se pueden contemplar dos tipos o enfoques que son mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo) que se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la avería y el mantenimiento curativo (de reparación) que se encarga de la reparación propiamente, pero eliminando las causas que han originado la avería;

- **Mantenimiento preventivo:** consiste en la programación de la actuación de la máquina para realizar una serie de trabajos con el objetivo de rebajar las averías o las paradas intempestivas, previenen la posible avería inspeccionando visualmente, midiendo temperaturas, controlando la lubricación, controlando fisuras, corrosiones, etc. Pretende

reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos averiados;

- **Mantenimiento predictivo:** consiste en predecir, es decir, adelantarse a la posible avería antes de que se produzca, esto se consigue con un análisis de las características de la máquina a mantener y la lectura periódica de algunos parámetros como por ejemplo las vibraciones. El análisis de estos datos indicará la degradación del elemento mecánico, por ejemplo, de rodamiento. Los datos indicarán cuál es el momento idóneo para realizar la sustitución de este antes de que se produzca la rotura. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitorización de parámetros físicos;

- **Mantenimiento productivo:** consiste en un concepto más amplio del mantenimiento e involucra a todos los departamentos que intervienen en la producción o fabricación en el mismo. No recae solamente en el departamento de mantenimiento, sino en toda la estructura de la empresa. El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones dependen y es responsabilidad de todos. Asume el reto de trabajar hacia los cero fallos, cero averías, cero incidencias y cero defectos;

-**Mantenimiento modificativo:** es aquel que se realiza tanto para modificar las características de producción de los equipos, como para mejorar la fiabilidad, mantenibilidad y seguridad de la máquina o instalación; y

- **Mantenimiento proactivo:** es una técnica dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla se hayan mantenido dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones. Límites aceptables significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad, operación que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

1.3. Sistemas de mantenimiento

A continuación se presentan algunas de las denominaciones más utilizadas al definir los sistemas de mantenimiento según (Fernández et al., 1983);(Navarrete Perez and González Martín, 1986);(Portuondo Pichardo, 1990);(Taboada Rodriguez, 1990); (Tobalina, 1994);(De la Paz Martínez, 1996);(Castellanos López, 2015);(De la Paz Martínez, 2015) :

- Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)
- Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (TPM)

- Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)
- Mantenimiento Basado en el Riesgo(MBR)

Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP): representa un conjunto de medidas organizativas y técnicas dirigidas al cuidado, observación, mantenimiento y reparación de las máquinas y equipos. La base para la planificación son los datos sobre la duración y estructura del ciclo de reparaciones de las máquinas y equipos. El sistema establece que después de que cada equipo haya trabajado las horas reglamentadas, corresponde la realización de revisiones y de las reparaciones planificadas, conforme con el plan que comprende las reparaciones pequeñas, medianas y generales. Esto implica el establecimiento de un programa que se denomina ciclo de reparación, que consiste en el período entre dos reparaciones generales o, para el caso de equipos que inician su operación, al período entre su puesta en funcionamiento y la primera reparación general.

Mantenimiento Productivo Total (TPM): es un conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organizaciones que conforman un proceso básico o línea de producción, pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua. En este contexto el TPM asume el reto de cero fallos, cero incidentes, cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso, permitiendo reducir costos y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora. Teniendo así, como acción principal: cuidar y explotar los sistemas y procesos básicos productivos, manteniéndoles en su estado de referencia y aplicando sobre ellos la mejora continua.(Tobalina, 1994)

Sistema Alterno de Mantenimiento (SAM): es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial y se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los sistemas de mantenimiento anteriormente expuestos. En particular, el SAM incluye mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo o por diagnóstico. (De la Paz Martínez, 1996)

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC): es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo en una instalación industrial que contribuya a la mejora de la confiabilidad de la misma y, por consiguiente, al incremento de la rentabilidad de los procesos implicados y del valor de los activos fijos.

Actualmente uno de los mayores retos para las personas encargadas en temas de mantenimiento no es sólo aprender todas las técnicas existentes, sino identificar cuáles son las adecuadas para aplicar en su propia organización y cuáles no, tanto desde el punto de vista técnico como económico. Tomando una decisión correcta es posible mejorar el rendimiento de los activos y al mismo tiempo incluso reducir los costos de mantenimiento (Pérez Jaramillo, 2004). Como se puede apreciar existen diferentes sistemas de mantenimiento que pueden ser utilizados de acuerdo a las características de cada empresa. A continuación se profundiza en los aspectos referentes a una de las metodologías de mantenimiento más novedosa, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Mantenimiento Basado en el Riesgo

El Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM, por sus siglas en inglés) se desarrolla sobre la base del comportamiento actual de las organizaciones y su entorno a nivel mundial, en cuanto al aumento de las exigencias de calidad y reducción de costos de los productos y servicios, donde el mantenimiento ha pasado a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos en grado similar al de la operación, convirtiéndose en la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la realización industrial al mismo tiempo, o sea, costo, plazo y calidad, definida como la “Función Pivote” (Paredes Rodríguez, 2005); (Castellanos López, 2015) y (De la Paz Martínez, 2015).

Las ventajas de la implementación de este sistema logra que la planificación del mantenimiento se realice en función de la calidad, los costos y plazos de entrega de la organización; reduce al máximo el trabajo burocrático de los ejecutantes de mantenimiento; establece de forma completa los registros que serán recolectados en una intervención del mantenimiento e interrelaciona los registros de un área de mantenimiento con las demás áreas directa o indirectamente involucradas en la actividad final de la empresa y evita el riesgo de estar haciendo un excelente mantenimiento preventivo en el equipo equivocado. (Paredes Rodríguez, 2005); (Rodríguez Machado, 2012); (Rodríguez Díaz, 2014)

Puede considerarse al Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR) como la evolución del MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). El MCC está basado en el estado del equipo y en su importancia dentro del sistema, pero está limitado por la dificultad para cuantificar los problemas que el equipo presenta (Zhao et al., 2012)

Como puede apreciarse existen diferentes sistemas de mantenimiento que pueden ser utilizados de acuerdo a las características de cada empresa. La autora se identifica con el sistema MBR dada las ventajas de su aplicación para el desarrollo de la investigación.

1.4. Mantenimiento Basado en el Riesgo

El riesgo es un término de naturaleza probabilística, que se define como la probable ocurrencia de un evento no deseado o falla, con consecuencias que se traducen en pérdidas.

Implementar un sistema de Mantenimiento Basado en Riesgos (MBR), ayuda a tratar problemas como las fallas inesperadas, la pérdida de producción y los mayores costos de mantenimiento. Un elemento importante de la planificación de MBR consiste en evaluar las consecuencias de la acción y la priorización de las tareas de mantenimiento en función del riesgo de posibles fallas (Chandima Ratnayakea R. M and M., 2017)

Con respecto al MBR cabe mencionar tres posibles enfoques. El primer enfoque que algunos autores han llamado el modelo japonés se deriva del cálculo cuantitativo de la fiabilidad cuestionable de una determinada tecnología multiplicado por la consecuencia económica de su indisponibilidad. Esto permite tener un ranking de tareas y escenarios que puedan ser priorizados en su orden de mejoría y también individualizar los eslabones más débiles de una cadena de posibles escenarios de indisponibilidad y riesgo tecnológico.

Un segundo enfoque de filosofía de inspección y mantenimiento basados en el riesgo es el americano el cual ha hecho un gran aporte desde la identificación de los mecanismos de fallas tecnológicas y humanas y las estrategias para prevenirlos y mitigarlos. Una de las herramientas principales de este enfoque es el cálculo cuantitativo del riesgo físico y su influencia en las frecuencias y tipos de inspecciones selectivas para lograr un riesgo residual aceptable según la cultura norteamericana. Este enfoque está guiado por los códigos API 579, 580 y 581.

El último enfoque es el conocido como el enfoque europeo que está centrado en asegurar la seguridad funcional de empresas que contienen componentes de riesgo en sus procesos y su principal preocupación es el diseño de sistemas de protección formado por seres humanos y tecnología instrumentada que prevengan y mitiguen los accidentes mayores. La expresión de este enfoque está bien desarrollada en los documentos de riesgo funcional IEC 61508 y 61511.

En la actualidad en el sector industrial mundial se utilizan metodologías de mantenimiento, con resultados satisfactorios, pero dadas las exigencias del entorno es necesario

desarrollar procedimientos con una perspectiva amplia, que considere la incorporación de las nuevas tecnologías de monitoreo y que analicen el riesgo de los posibles eventos y consecuencias asociadas, de tal forma que tengan una menor afectación a los usuarios (Giraldo Martínez, 2014) y (Espinosa Martínez, 2014).

Sobre la propuesta de una metodología para la realización de planes de Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR) existen particularidades de diferentes autores (Khan Sadiq and Haddara, 2003);(González-Quijano, 2004);(Balda Salas, 2006);(Collins Robert et al., 2007);(API, 580/581 2008);(Fernández Llanes, 2011);(Zhao et al., 2012);(Giraldo Martínez, 2014);(Rodríguez Díaz, 2014);(Peña Vasconcellos, 2015);(Espinosa Martínez and de la Paz Martínez, 2017) coincidiendo en que dichas metodologías se componen de fases o etapas en las que se procede a la estimación del riesgo, la evaluación del riesgo y se finaliza con la planificación del mantenimiento, optimizando el plan de mantenimiento para reducir la probabilidad de los fallos que sobrepasan el criterio de aceptación, reduciendo así su riesgo. En el **anexo 1** se muestra una tabla donde se resumen los aspectos fundamentales de las metodologías propuestas por algunos de los autores anteriormente mencionados.

Particularmente Espinosa Martínez and de la Paz Martínez (2017) propone un procedimiento que está compuesto por cinco etapas donde cada una contienen pasos:

1. Se conforma el grupo de trabajo y se definen los objetivos que persigue el estudio,
2. Se selecciona el equipamiento lo cual exige la elaboración de la pirámide taxonómica y de la determinación del índice de consumo,
3. Se estima el riesgo,
4. Se establecen los intervalos del NPR y clasificación del riesgo,
5. Se determina el tipo de mantenimiento a emplear.

Para desarrollar cada una de estas etapas se integra la gestión de mantenimiento y la gestión energética, a través de la identificación, análisis y valoración de los riesgos asociados, en los sistemas ingenieros de hoteles del destino turístico cubano de Cayos de Villa Clara, contribuyendo al logro de la eficiencia energética en estas instalaciones. La autora decide aplicar esta metodología por ser la más afín de acuerdo a las características de la organización.

1.5. El Mantenimiento y la eficiencia energética

Nuestro país, principalmente el sector de la economía está pasando por un profundo proceso de reconversión, debido a los cambios necesarios para salir adelante con una

producción de calidad y al menor costo posible, así como un control o ahorro del consumo de energía eléctrica para poder sobrevivir y desarrollarse. El mantenimiento debe contribuir a ello con “la integración de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad durante su ciclo de vida”, (De la Paz Martínez, 2015).

El mantenimiento desempeña un papel muy importante en cualquier programa de ahorro de energía, de materiales, de divisas, de tiempo, etc. No sería posible una entidad eficiente y productiva a la cual no se le dé su debido mantenimiento. Para garantizar la vida útil de las instalaciones y de los equipos se hace necesaria la confección de un plan anual de mantenimiento que garantice el ciclo adecuado de mantenimiento, la programación de la fuerza de trabajo y el aseguramiento material necesario. También permite compatibilizar la necesidad de las reparaciones con la necesidad de los servicios. Es necesario un método ágil que permita distribuir los trabajos a realizar, la fuerza de trabajo y los recursos materiales a través del año.

El Plan de Mantenimiento debe diseñarse teniendo en cuenta el impacto de una falla en la operación, la calidad, la seguridad de las personas e instalaciones y el medioambiente. La cuantificación del incremento del consumo energético de cada falla será lo que justifique cada una de las acciones a incluir en el Plan de Mantenimiento para evitar la Ineficiencia Energética. El mayor beneficio es lograr una alerta temprana de manera tal que se pueda programar una intervención correctiva para minimizar las consecuencias, es decir: el sobreconsumo energético. (Altmann, 2010).

El nexo indisoluble entre la eficiencia económica, el mantenimiento y la energética, explica la alta prioridad que debe dársele al examen de la economía energética y en ello juega un papel importante propiciar un sistema de auditoría de mantenimiento que permita caracterizar la situación actual en la generación, conversión, uso, economía e impacto ambiental de la energía, a la vez localizar pérdidas, ineficiencias y puntos débiles y plantear Sistemas de Mantenimiento que lleguen a ofrecer soluciones viables técnico y económicamente a las situaciones de fiabilidad de los equipos que usan la energía aprovechando al máximo las reservas existentes

Dada la cantidad de energía y agua que usan para el desarrollo de su actividad, los hoteles suponen un entorno perfecto para la aplicación de mejoras de Ahorro Energético, por ello, es preciso concebir estrategias acertadas de mantenimiento para que del modo menos traumático posible se logren indicadores de consumo decorosos. Los diferentes riesgos energéticos asociados a las actividades de mantenimiento deben ser considerados durante el ciclo de gestión de mantenimiento como aspecto primordial para evitar accidentes laborales, desperdicios de materiales o afectaciones de los procesos.

1.6. Mantenimiento en Cuba

En Cuba, antes de 1959 y con la excepción de determinadas industrias, no existía una cultura de mantenimiento, y no fue sino hasta 1961 cuando comenzó a promoverse el respeto hacia esta actividad, a partir de la introducción del Mantenimiento Preventivo Planificado en el Ministerio de Industrias (Espinosa Martínez, 2014).

En el marco del proceso de institucionalización del país, el primero de diciembre de 1976 se promulgó la Ley No. 1323, Ley de Organización de la Administración Central del Estado, que estableció, entre las atribuciones y funciones principales del Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica, en su artículo 81, inciso ch, "...la elaboración de Normas de Mantenimiento y Explotación para las Máquinas-Herramienta del País" constituyéndose así el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), lo cual fue implantado en todas las empresas del Ministerio mencionado. Después en 1985, el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) aprobó una nueva política de mantenimiento, que cambió la óptica del sistema de MPP a sistemas más adecuados a las características de las mismas, en particular se implementó el Sistema de Mantenimiento por Diagnóstico.

En el 2009 se realizó otro aporte a la Gestión del Mantenimiento en nuestro país. (Alfonso Llanes, 2009) propone un procedimiento para administrar el proceso de tercerización del mantenimiento, cuya aplicación se realizó en empresas del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), del Ministerio del Turismo (MINTUR), y del Ministerio de la Industria Ligera (MINIL), proveyendo de una herramienta al sistema empresarial efectiva para la administración de los procesos de externalización de actividades y funciones de mantenimiento.

A través de los años en los diferentes Congreso del PCC realizados se han analizado lineamientos en los que se abarca el tema del mantenimiento industrial en Cuba. En el VIII Congreso del PCC realizado en abril de 2021 se aprueba la actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el periodo

2021-2026 donde el lineamiento 133 hace referencia a priorizar la gestión del mantenimiento a equipos, instalaciones industriales y sistemas tecnológicos, y su implementación en la economía nacional. Prestar especial atención e incentivar la producción y recuperación de partes, piezas de repuesto y herramientas. (Lineamientos., 2021)

Al respecto, en correspondencia con este lineamiento, el MINDUS como rector del mantenimiento industrial en Cuba trabaja en el rescate y fortalecimiento de la industria a nivel de país, con el objetivo de incrementar la disponibilidad del equipamiento de las fábricas e instalaciones industriales y la consecuente disminución de los costos de producción.

1.6.1. Mantenimiento basado en riesgo en Cuba

En la actualidad las investigaciones encontradas en la literatura sobre el mantenimiento basado en riesgo en Cuba son pocas, de las que se destacan las realizadas por (Fernández Llanes, 2011);(Polo Salgado, 2011) y (Aguilar De Oro, 2012) los cuales proponen una metodología basada principalmente en el FMEA y realizan su aplicación en las empresas “Combinado de Productos Lácteos”, “Empresa Agropecuaria Militar Cuba Soy” y “Empresa Mecánica Indalecio Montejo”, respectivamente pertenecientes a la provincia Ciego de Ávila. Se debe señalar que estas propuestas no tienen en cuenta el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) para priorizar las causas sobre las cuáles habrá que actuar para evitar que se presenten los modos de fallo. En la investigación (Rodríguez Díaz, 2014) de se realiza un estudio de riesgos para la industria electroquímica ya que esta posee características específicas puesto que trabajan con reactivos químicos altamente corrosivos, explosivos, abrasivos y contaminantes. En esta industria el nivel de riesgo es elevado y por tanto deben estar bien identificados y administrados para evitar consecuencias adversas, no solo para la producción, sino también para las personas y el medio ambiente.

En el sector del turismo son escasas las investigaciones realizadas, entre las que se encuentra la desarrollada por (Pérez González, 2016) donde propone un mantenimiento basado en riesgo a través de un árbol de fallas en el hotel Playa Cayo Santa María ; (Hernández, 2017) que realiza su aplicación al equipamiento del sistema de clima ; (Rodríguez Machado, 2012) que aplica un Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de cocina en el Hotel Cayo Santa María y (Pérez Taillacq, 2020) que lo aplica en un sistema de manejadoras de aire del mismo hotel. Al no ser muchos los

estudios realizados existe mayor motivación para desarrollar nuevos proyectos para la evaluación de nivel de riesgo y disminuir los fallos en los equipos.

La propuesta presentada por (Rodríguez Díaz, 2014) se considera de alta valía al abarcar los elementos, que según la nueva norma ISO: 31000 (2015), deben tener en cuenta en todo estudio que se realice sobre el riesgo. La autora pretende dar continuidad a este estudio centrándose en el sistema de cámaras frías aplicando la metodología de (Espinosa Martínez and de la Paz Martínez, 2017).

1.7. Mantenimiento en el Mintur

El mantenimiento en las instalaciones hoteleras constituye una de las bases fundamentales para el mejor desempeño de la actividad del turismo, por cuanto un hotel con un mantenimiento adecuado se convierte en una fuente de satisfacción del cliente y contribuye a que disfrute en toda su plenitud de las oportunidades que el mismo ofrece a la vez que propicia que sus visitas al lugar se repitan una y otra vez, (Torres Rodríguez, 2008) y (Sosa Martínez, 2016).

Para su gestión, las instalaciones turísticas de la sociedad mercantil cubana Grupo de Turismo Gaviota S.A se auxilia de un manual, basado en el (Manual., 2011) el cual incluyen a los efectos de este trabajo: la gestión de la dimensión tecnológica (ciclo de vida del activo fijo), dimensión ambiental (energía, agua, desechos y otros), y la dimensión social (relaciones interpersonales). Esto, los convierte en un centro de atención para mantener los atractivos que motivan al viaje, logrando esta satisfacción a partir de la gestión de atributos tales como el confort y el servicio; así como su contribución en la realización de otros servicios y actividades. (Pérez González, 2016) y (Sosa Martínez, 2016)

La (Gestión de Activos Hoteleros, 2000) y (Torres Rodríguez, 2008) señalan que en la práctica diaria de los Departamentos de Mantenimiento estos tratan de organizar y gestionar el mantenimiento de toda una serie de activos que han de prestar servicio de forma muy precisa a los usuarios de los mismos. En este caso concreto del sector hotelero, los usuarios finales son clientes que solamente perciben una imagen de calidad en función de estos servicios.

1.7.1. El Mantenimiento en el grupo Gaviota S.A.

Las instalaciones turísticas de la sociedad mercantil cubana Grupo de Turismo Gaviota S.A se auxilia de un manual (Manual., 2011); que pretende ser una herramienta de trabajo para el personal de Servicios Técnicos o de Mantenimiento para llevar las tareas de mantenimiento y ofrecer la mayor comodidad y servicio a los clientes garantizando la vida

útil de las instalaciones y de los equipos. En el Manual de S.S.T.T del Grupo de Turismo Gaviota (2012) se definen las funciones principales de los servicios técnicos en los hoteles **(Ver anexo 2)**.

El mantenimiento en las instalaciones del Grupo de Turismo Gaviota S.A., se basa en la actualidad en dos tipos de mantenimiento: el correctivo o reactivo y el preventivo a plazo fijo, los cuales son ejecutados con la propia brigada de los hoteles, con la brigada de manteniendo territorial de Gaviota o con terceros. El Grupo de Turismo Gaviota S.A. cuenta con una brigada de mantenimiento, la cuales son UEB, subordinadas a cada delegado territorial. Tiene incluido en sus seis servicios el mantenimiento y reparación a los sistemas de clima centralizados y por expansión directa, sistemas de ventilación, bombeo de agua helada, caliente, ATA, equipos de lavandería y de comunicaciones. Estas UEB actúan como terceros y tienen a su cargo las acciones de mantenimiento correctivo y preventivo de estos equipos y sistemas (Grupo de Turismo Gaviota, 2012).

Los Departamentos de Mantenimiento no son solamente responsables del buen funcionamiento de los servicios, sino que además han de realizar la planificación de los trabajos, con las menores paradas posibles y en los momentos adecuados, han de realizar también una administración de los recursos humanos y una gestión técnico económico de la subcontratación, confeccionar presupuestos y gestionar repuestos, ser capaces de analizar la obsolescencia de activos, basándose en históricos de funcionamiento y costos, y tener en cuenta los requisitos legales de inspecciones reglamentarias de determinados activos, así como los requisitos de control de calidad y medioambiental, sujetos a normativas nacionales e internacionales.

1.8. Conclusiones parciales

1. El mantenimiento según un grupo importante de autores se ha convertido en un proceso clave para garantizar un desempeño adecuado en la organización, caracterizado por la búsqueda continua de mecanismos que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallos y/o disminuir las consecuencias de los mismos y que debe contemplar riesgos asociados a los problemas de la gestión de mantenimiento y la gestión energética para el desarrollo de cualquiera de sus actividades.
2. El análisis de las diferentes metodologías planteadas por diferentes autores relacionadas al mantenimiento basado en el riesgo demostró que la de (Espinosa Martínez and de la Paz Martínez, 2017), es la más procedente para ser implementada al sistema de cámaras frías, ya que se encuentra en correspondencia con los objetivos propuestos en la investigación permitiendo detectar las fallas del equipo teniendo en cuenta su relación con la eficiencia energética y sus riesgos asociados.

Capítulo II: Caracterización del hotel Iberostar Selection Ensenachos.

Aplicación del procedimiento de MBRE.

2.1. Introducción

En el desarrollo de este capítulo se da respuesta al problema de investigación a partir de la caracterización de la entidad objeto de estudio y de la aplicación del procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo Energético.

2.2. Caracterización del hotel Iberostar Ensenachos

Cayo Ensenachos forma parte del archipiélago “Jardines del Rey”, y su acceso es desde la provincia de Villa Clara, específicamente por el municipio costero de Caibarién, recorriendo un pedraplén de 47 Km. de distancia desde tierra. El cayo está situado en la región norte del Mar Caribe rodeado de hermosas y cristalinas aguas, es la única construcción sobre el cayo virgen con forma de herradura. Bañado por dos hermosas playas: Ensenachos y El Mégano, se caracteriza por una variada flora y fauna con especies endémicas de la región y sus formidables dunas de arena que le han merecido condición de “Reserva de la Biosfera”, convirtiéndolo en uno de los sitios más exóticos del Caribe.

En este espacio natural se encuentra enclavado el Hotel Iberostar Selection Ensenachos, instalación de categoría cinco estrellas que opera bajo el concepto “Todo incluido”, con administración extranjera de conjunto con el Grupo Empresarial Gaviota S.A e Iberostar Hoteles. Este resort vacacional cuenta con un total de 506 habitaciones, considerándose, por sus dimensiones, como un hotel grande, destinado al segmento de familias y parejas. Cuenta con un edificio principal y tres zonas perfectamente delimitadas, dígame:

- Park Suite (zona de familia): 270 habitaciones, cinco de ellas para minusválidos.
- Spa Suite (zona para adultos mayores de 18 años): 190 habitaciones.
- Grand Village (zona para adultos mayores de 14 años): 23 lujosas villas con 46 suites de una o dos habitaciones, todas con salón, cocina, jacuzzi en la terraza y servicios exclusivos tales como: check in privado, coctel y detalle de bienvenida, pantuflas en la habitación, minibar habilitado, servicio de conserjería y mayordomo, servicio de habitación 24 horas, reservas ilimitadas en todos los restaurantes y voucher con crédito prefijado para disfrute del spa. En esta área existe, para uso exclusivo de los clientes: piscina, restaurante Gourmet, restaurante Snack y un bar.

A continuación, se detallan, de manera general, las facilidades que presenta esta instalación:

- Facilidades generales: buró de aerolíneas y turoperadores, almacén de equipaje, spa, salón de belleza, renta de autos, servicio de fax y fotocopadoras, tienda de regalos y

mini mercados, lavandería, servicio de correos, cambio de monedas, parqueo, acceso a Internet, ceremonias de bodas con facilidades incluidas, salón de reuniones, entre otros.

- Facilidades para niños: comida para niños, sillas para niños, cunas, mini club, baby club y un parque acuático.
- Facilidades deportivas: existe personal calificado en diferentes deportes tales como: aerobios, tiro con arco, voleibol de playa, bicicletas, billar, bolos, dardos, fútbol, petanca y tenis.
- Playa natural y virgen: apropiada para deportes acuáticos todo el año, con servicio de salvavidas, duchas, sombrilla quita sol de guano y tumbonas. Entre los principales deportes a desarrollar en la playa están: catamarán, pesca, buceo, pedales acuáticos, botes de remo, snorkeling.
- Piscinas: existen cuatro piscinas de adultos y una de niños, un área de chapoteo y un moderno parque acuático, servicio de salvavidas, duchas, áreas de sombra.
- Gimnasio y spa con jacuzzi para tratamientos, sauna y baño turco.
- Facilidades gastronómicas: Para uso de todos los clientes, el hotel dispone de restaurante buffet principal, ranchón en la playa; cuatro restaurantes de especialidades: italiano, japonés, internacional y mediterráneo. Los clientes alojados en la zona spa pueden disfrutar también del restaurante steak house y los clientes alojados en la zona gran village pueden acceder al restaurante gourmet.
- Servicios de habitaciones: en la zona Park y Spa Suite desde las 11:00 am. hasta las 11:00 pm. y en la zona gran village las 24 horas.

Para dar respuesta a todas estas facilidades, el hotel está organizado en los procesos de: calidad y atención al cliente, recepción, regiduría de pisos, alimentos y bebidas, cocina, animación, servicios técnicos, compra, economía, recursos humanos, seguridad y protección y procesos de dirección, con un total de 519 trabajadores como plantilla del hotel **(ver anexo 3)**.

La misión y la visión de la instalación se encuentran muy bien definidas como se observa a continuación:

MISIÓN: Ofrecemos experiencias vacacionales que dejan huella, en las mejores ubicaciones del mundo y con un modelo de turismo sostenible con respeto por las personas y el medioambiente.

VISIÓN: Aspiramos a ser un referente internacional en turismo sostenible, con un modelo de negocio 100% familiar, rentable y sólido, líder en calidad y satisfacción de nuestros

clientes, basado en una cultura organizativa abierta que fomenta la innovación y el trabajo en equipo.

2.2.1. Caracterización de departamento de SSTT

En esta entidad se cuenta con un área de Servicios técnicos que se rige por la política siguiente: “la actividad de mantenimiento en el hotel tiene como fin mantener en óptimo estado el equipamiento y las instalaciones, que garanticen la correcta prestación del servicio acorde a lo planificado para la temporada por la dirección, cumpliendo con lo establecido en el sistema de calidad, basándose en el Manual de Servicios Técnicos GAVIOTA S.A”. En la misma se encuentran plasmadas las directrices de mantenimiento siguientes, las cuales dan pie a que la actividad de mantenimiento se desarrollará sobre la base de la planificación, lo que permite utilizar óptimamente los recursos humanos y materiales.

- Se elaborará e implantará la base normativa de la actividad que incluye entre otros:
 - i. La clasificación de los equipos, definiendo cuáles son los que afectan los servicios (equipos básicos o fundamentales) y los que no afectan el mismo (equipos auxiliares).
 - ii. Tipos de mantenimiento
- Los Hoteles contarán con talleres de acuerdo a sus características de servicio.
- Se aplicarán sistemas de control del costo por cada reparación.
- Se trabajará en el estudio sistemático del reemplazo de equipos.
- El personal de mantenimiento será responsable del cumplimiento estricto de las medidas de seguridad y el uso adecuado de los medios de protección.
- Se establecerán o desarrollarán métodos de inspección para sistemas a presión y válvulas de seguridad.
- Se preverá la formación de personal mediante cursos.
- Se crearán o desarrollarán los sistemas de mantenimiento preventivo planificado u otras técnicas apropiadas, de manera que garanticen explotar y prolongar la vida económicamente útil de los equipos hasta los niveles máximos disponibles.
- Las instalaciones elaborarán el plan anual de mantenimiento, el cual incluirá el tipo, duración y fechas de los mantenimientos a ejecutar, partiendo de:
 - i. Los ciclos de mantenimiento.
 - ii. El estado técnico de los equipos
 - iii. El comportamiento de los equipos durante el período de operación.
 - iv. Los requerimientos del servicio.

El mantenimiento que se ha aplicado en el hotel ha incluido tareas preventivas basadas en un plan de Mantenimiento Preventivo Planificado y tareas correctivas cuando son necesarias, según lo especificado en la Resolución No.102 del 1 de junio del 2020 (Resolución., 2020), orientado desde la dirección del hotel y a su vez desde la Dirección Territorial Centro GAVIOTA S.A.

La brigada de Servicios técnicos cuenta con seis trabajadores que se encargan de mantener la disponibilidad de los diferentes equipos y áreas que por sus características y funciones necesitan de un servicio de mantenimiento. Este departamento es dirigido por un jefe de servicios técnicos, al cual se subordinan tres operarios que atienden clima (aires acondicionados, Split, etc.) y refrigeración (cámaras frías, neveras, etc.), y tres que se encargan del mantenimiento de los diferentes sistemas de bombeo.

Después de una breve caracterización del área de servicios técnicos se presenta los principales problemas en el listado siguiente los que concuerdan con los citados por (Pérez Taillacq, 2020):

- Desconocimiento de los posibles fallos que se generan por equipos y sistemas, ni las acciones para evitar otros fallos en cascadas (Modos de fallos).
- Insatisfacción del cliente donde el 9 % es relacionada con el área de SSTT.
- Baja disponibilidad de instalaciones, sistemas y equipamiento.

Para que la calidad del departamento sea organizada, es necesario constar con un procedimiento para que esta actividad, la cual se realizara de forma eficiente, por esta razón es que se aplica a continuación de forma parcial el procedimiento seleccionado en el capítulo I de esta tesis.

2.2.1.1. Descripción del proceso del sistema de cámaras frías

Las cámaras frías así como las cámaras frigoríficas, túneles de congelación, salas de temperatura controladas, y otros tipos de cámaras funcionan bajo un mismo principio: el control artificial de las variables de temperatura, humedad y niveles de gases atmosféricos en su interior.

Cada tipo de cámara, depende del tipo de material a contener en su interior. Una cámara de refrigeración, es un espacio hermético que mantiene unas condiciones de temperatura, humedad y niveles de gases controlados mediante una serie de equipos e instrumentos de medición. Por lo general, estas cámaras mantienen temperaturas interiores menores a la temperatura exterior.

En líneas generales, las cámaras frías se dividen en dos grande grupos:

- Cámaras de refrigeración: conservan el ambiente interior a temperaturas controlas y siempre por encima del punto de congelación del agua (0 ° C).
- Cámaras de congelación: mantienen la temperatura interior en un punto menor al de congelación (0°C).

Existen muchos tipos de cámaras frías, de mayor o menor sofisticación, tamaño y función. Sin embargo, todas comparten los mismos componentes básicos:

- Paneles, suelos y techos de conservación de temperatura
- Puertas herméticas sin desperdicios o intercambios térmicos
- Compresores de aire
- Evaporadores y válvulas
- Sistemas de ventilación y extracción de aire

En el hotel Iberostar Ensenachos existen 30 cámaras refrigeradas, de ellas, 22 de mantenimiento y ocho de congelación.

2.3. Aplicación del procedimiento de MBR

En la investigación se aplicará el procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo propuesto por Espinosa Martínez and de la Paz Martínez (2017) figura 2.1, para dar cumplimiento al objetivo planteado; se realizaran algunos cambios fundamentalmente en la incorporación del análisis a partir de la caracterización energética y el calculo del indicados índice de consumo , las cuales se mostrarán a medida que se desarrolle el procedimiento.

Etapas I: Preparación para el análisis

Para el análisis de esta etapa es necesario desarrollar los pasos siguientes:

Paso 1.1. Conformar el grupo de trabajo para la metodología de MBRE

El tamaño del grupo de expertos se definió mediante el procedimiento propuesto por (Hurtado de Mendoza Fernández, 2003) que se muestra en el **anexo 4** .

En la tabla 2 se muestran algunos datos de los especialistas que conforman este grupo de trabajo en el hotel objeto de estudio. El proceso de selección se desarrolló teniendo en cuenta que los mismos tuvieran suficientes conocimientos sobre el tema a tratar y experiencia en la tarea, de manera que garantizaran resultados consecuentes con el objetivo perseguido.

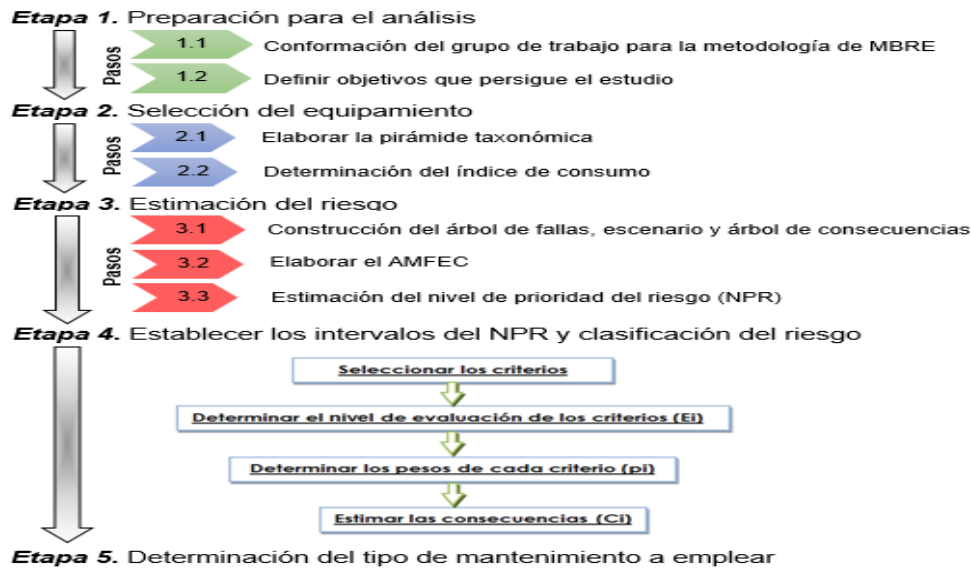


Figura 2.1. Procedimiento a seguir para la ejecución del plan de Mantenimiento Basado en el Riesgo Energético. *Fuente: Espinosa Martínez and de la Paz Martínez (2017)*

Tabla 2.1. Relación de los expertos seleccionados.

Nº	Nombre	Ocupación
1	Ariel Iglesias Rosa	Mecánico de habitación
2	Emilio Omar Pérez Hernández	Mecánico General
3	Jandro Zorio Delgado	Eléctrico
4	Rosa Maria Pérez Díaz	Técnica en ahorro y uso racional de energía
5	José Alberto Santa Cruz Ramos	Jefe de Servicios Técnicos

Paso 1.2. Definir los objetivos que se perciben en el estudio

Los objetivos que se persiguen con el estudio son los siguientes:

- Determinar las tareas preventivas de mantenimiento a aplicar ante cada uno de las causas de fallo, el índice de consumo, así como la frecuencia con que deben realizarse y el personal implicado; y
- Lograr una mayor preparación del personal que interviene en el proceso de implementación en materias relacionadas con el MBRE.

El líder del equipo o el facilitador (en este caso es la especialista en mantenimiento), prepara el plan de trabajo para llevar a cabo la aplicación del MBRE al sistema de cámaras frías del hotel objeto de estudio práctico facilitando el proceso para que el grupo de trabajo entienda y acepte las condiciones bajo las cuales acometerán su labor.

En la etapa II se mostrará los límites de aplicación los cuales están relacionados a la hora de la selección del equipamiento a analizar, llevado a todos aquellos equipos que de no funcionar correctamente pudieran ocasionar el detenimiento total de la prestación del servicio e incluso no se llega a brindar el producto con la calidad deseada y se puede ver afectado el personal que allí labora.

Etapla II. Selección del equipamiento

Considerando el consumo promedio anual de energía eléctrica del hotel en el primer semestre del 2018, para un nivel de ocupación del 83.4 %, las cargas instaladas y el promedio de las horas de utilización de las mismas se evidencia que el área del hotel, mayor consumidora de energía eléctrica, es el Edificio principal, que consume el 37.59 % del total. La estructura de consumo, por áreas se muestra en la tabla 2.2 y figura 2.2.

Tabla 2.2. Relación consumo de energía eléctrica por área del hotel.

Áreas	Consumo de energía eléctrica en el primer semestre 2018 (kWh)	%	% acumulado
Edificio principal	1586416	37,59	37,59
Parck Suite	1206859	28,60	66,19
SPA Suite	817466	19,37	85,56
Grand Village	560187	13,27	98,83
Otras áreas	49172	1,17	100,00
Total	4220100		

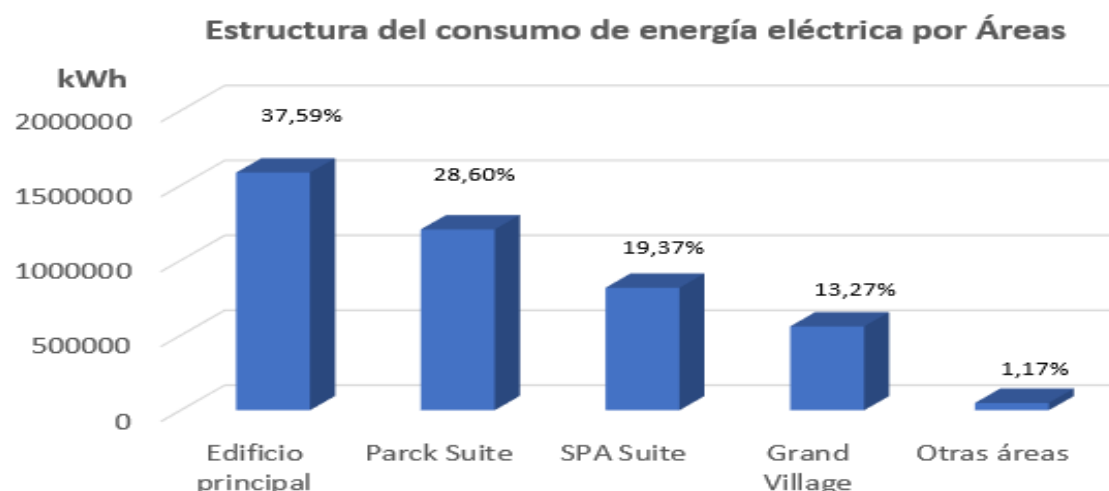


Figura 2.2. Comportamiento del consumo de energía eléctrica del hotel según las habitaciones días ocupadas (kWh/HDO) Fuente: *Elaboración propia*

A partir de los datos ofrecidos por el departamento de mantenimiento del hotel se pudo establecer que el portador energético que más se consume es la energía eléctrica como se refleja en la figura 2.3.

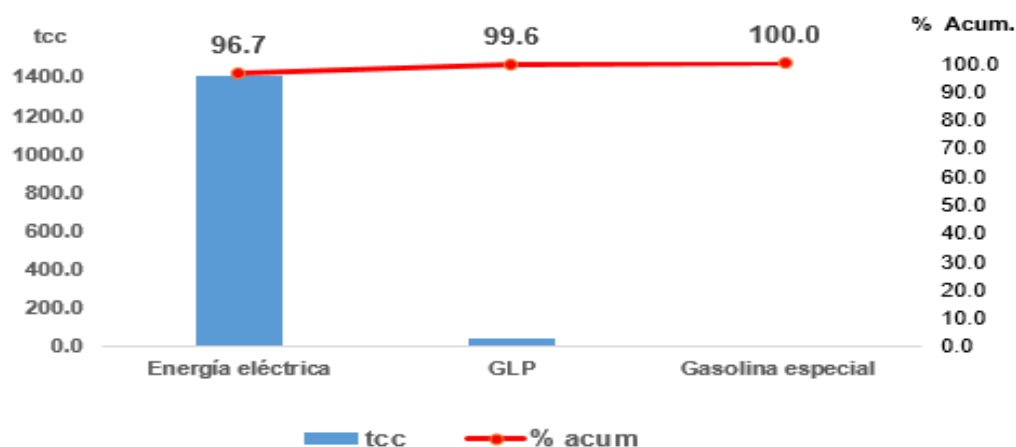


Figura 2.3. Estructura de consumo de los portadores energéticos de enero - agosto del 2018 *Fuente: Elaboración propia.*

Y como se muestra en la figura 2.4, se analizó el comportamiento del consumo de la energía eléctrica por los sistemas, mostrando que los sistemas electroenergéticos mayores consumidores de energía eléctrica son la climatización, el bombeo de agua, calentamiento de agua y refrigeración.

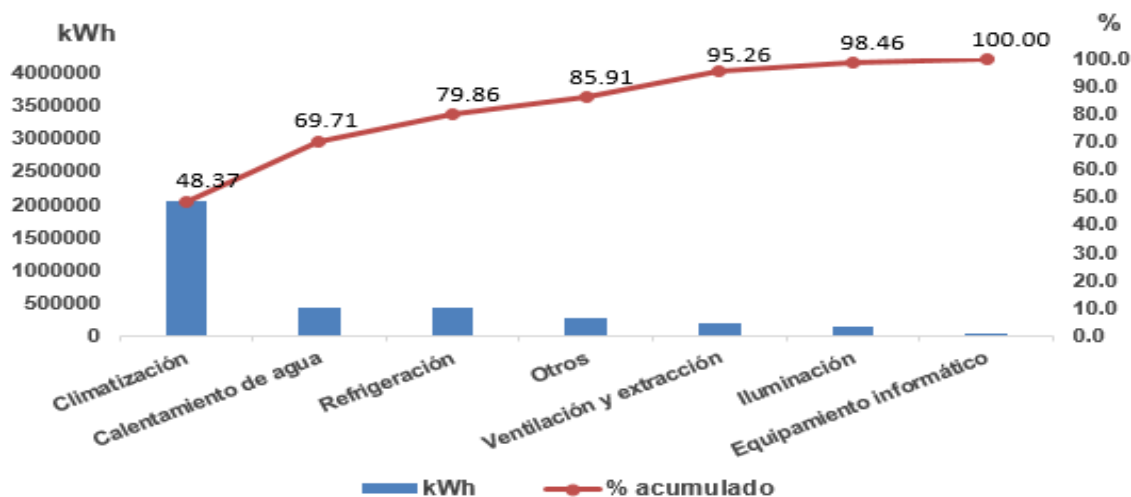


Figura 2.4. Estructura de consumo de los sistemas energéticos de enero a agosto del 2018. *Fuente: Elaboración propia*

Como el edificio principal es el de mayor consumo de energía eléctrica, se determina cual es el consumo por los sistemas que lo integran, identificando el sistema a trabajar el cual

es mostrado en la figura 2.5, siendo el sistema de refrigeración (cámaras refrigeradas), la tercera de mayor consumo y no se escoge los sistemas de climatización, bombeo de agua y calentamiento de agua, por ser estudiadas en trabajos anteriores.

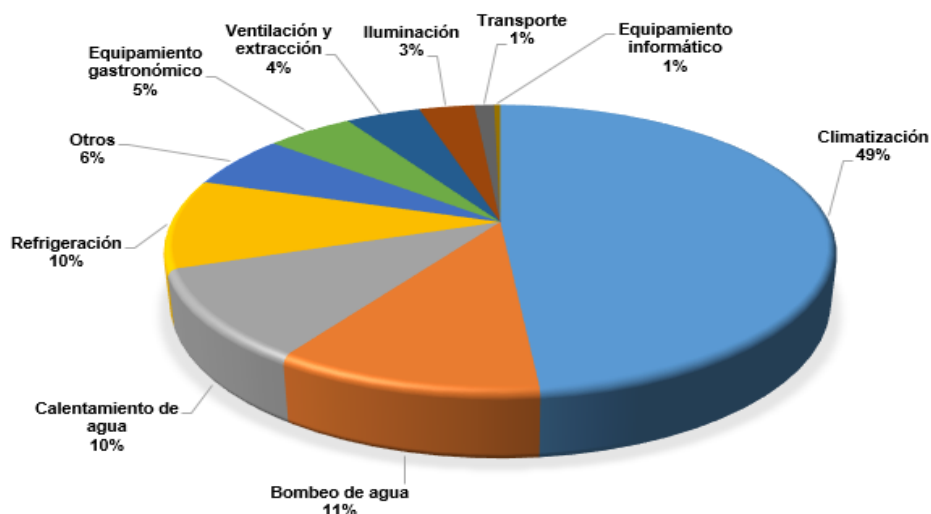


Figura 2.5. Distribución del consumo de energía eléctrica del edificio principal en el periodo enero – agosto del 2018. *Fuente: Elaboración propia*

Para entender la figura 2.6, se muestra el comportamiento de la energía eléctrica del hotel comparada con el consumo del edificio principal y de las cámaras frigoríficas. Determinando que el 10% del total del consumo de energía eléctrica del edificio principal son las cámaras frigoríficas.

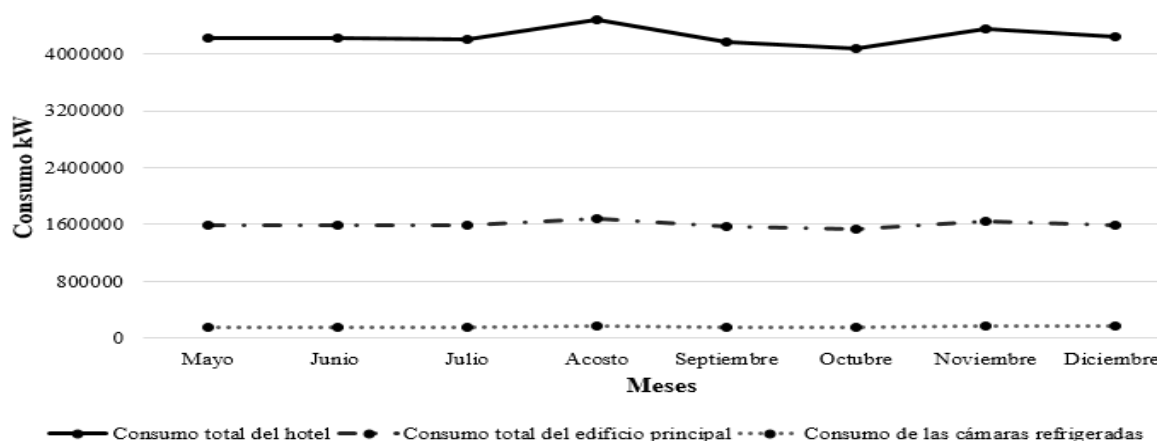


Figura 2.6. Consumo de energía eléctrica según kWh/HDO del hotel, edificio principal y las cámaras refrigeradas. *Fuente: Elaboración propia*

Para poder seleccionar el sistema de cámaras refrigeradas a analizar se hace un estudio del comportamiento del consumo de energía eléctrica por las 29 cámaras refrigeradas, de ellas, 22 de conservación y siete de congelación del edificio principal, de estos sistemas se

trabajara con los sistemas de cámaras de conservación por ser las de mayor consumo de energía eléctrica como se puede apreciar en la figura 2.7. Dentro de las sub-áreas de los sistemas de las cámaras de conservación, se trabajara con la cámara que se encuentra ubicada en el almacén central y cocina (Legumiel), para ello se utilizó el diagrama de Pareto mostrándose en la figura 2.8

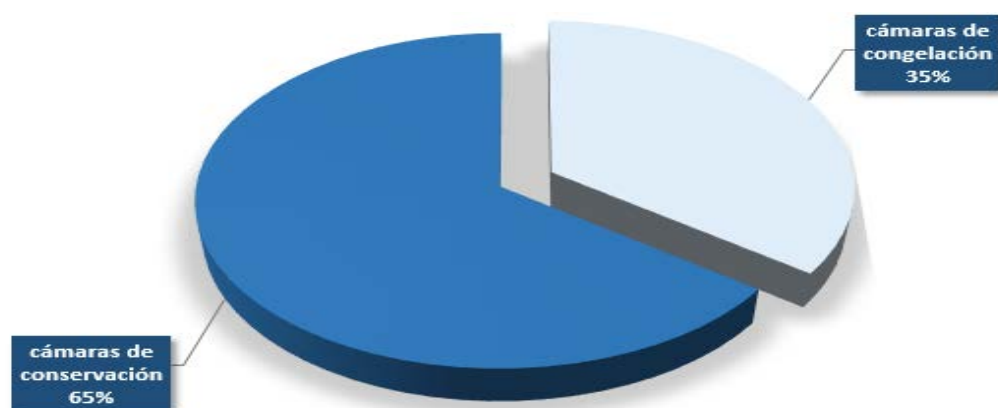


Figura 2.7. Distribución del consumo de energía eléctrica por las cámaras refrigeradas.
Fuente: *Elaboración propia.*

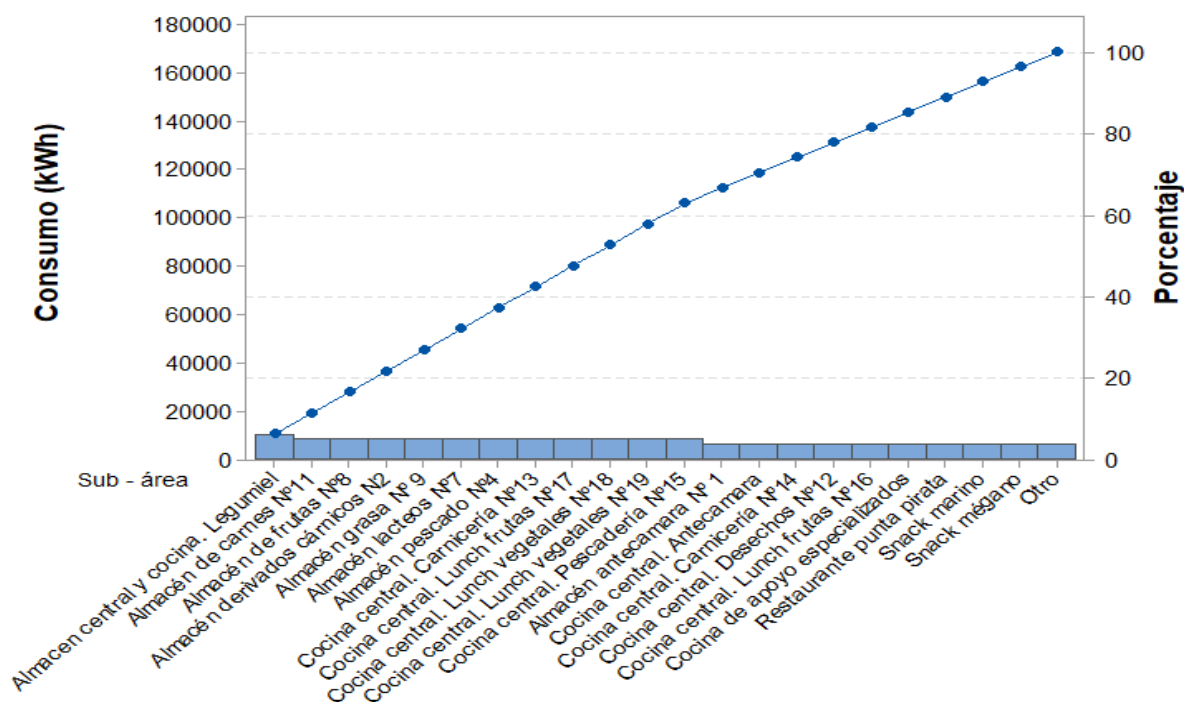


Figura 2.8. Distribución del consumo de energía eléctrica por los diferentes sub-áreas de las cámaras de conservación. Fuente: *Elaboración propia.*

Paso 2.1. Construir la pirámide taxonómica

La jerarquía técnica para los equipos del edificio principal se muestra en la figura 2.8.



Figura 2.9. Jerarquía técnica para los equipos del edificio principal representada a través de la pirámide taxonómica. *Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 2.9 el estudio de la investigación se realizará solamente a los sistemas de cámaras frías y a dos de los equipos, a los compresores y a las válvulas solenoides pues es un comienzo de estudio que se va profundizar en estudios posteriores producto al poco tiempo con que cuenta la autora de la presente investigación.

Paso 2.2 Determinar índice de consumo

Para el análisis de la eficiencia energética el hotel tiene establecido el control del índice de consumo de energía eléctrica por habitación día ocupada, kWh/HDO.

Para determinar si existe correlación entre los consumos de energía eléctrica y las HDO, en la figura 2.10 se muestra el comportamiento de estos indicadores en el periodo comprendido de enero del 2017 a diciembre del 2018.

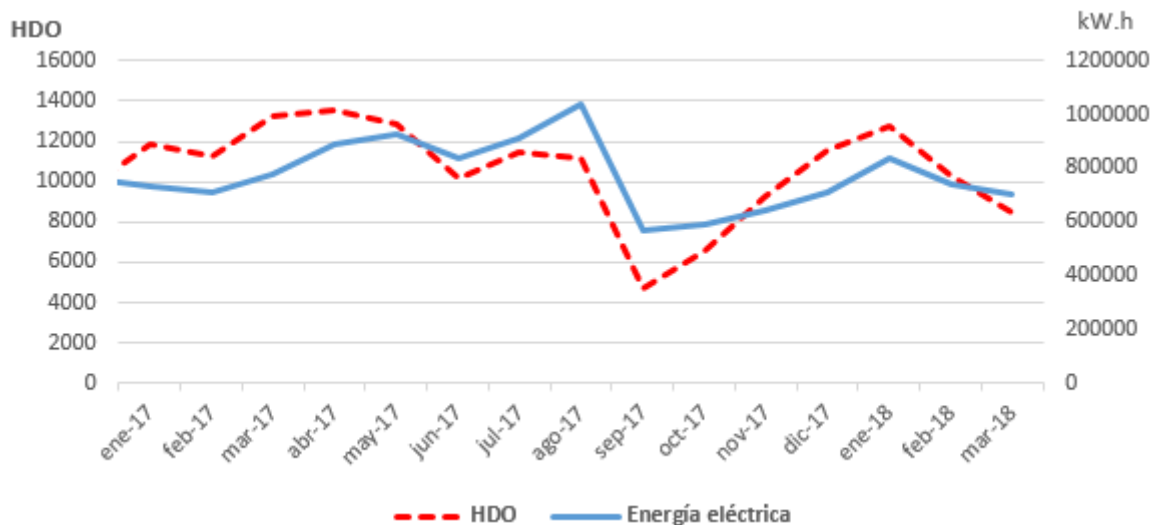


Figura 2.10. Comportamiento mensual del consumo de energía eléctrica y las HDO en el periodo de enero 2017 a diciembre 2018. *Fuente: Datos del departamento de SSTT.*

En el gráfico anterior se puede observar que la variación del consumo de energía eléctrica no depende de la variación de las habitaciones días ocupadas, HDO. Esta situación indica que no debe existir una adecuada correlación entre estas variables.

En el gráfico siguiente se muestra la correlación entre el nivel de actividad establecido y el consumo de energía eléctrica.

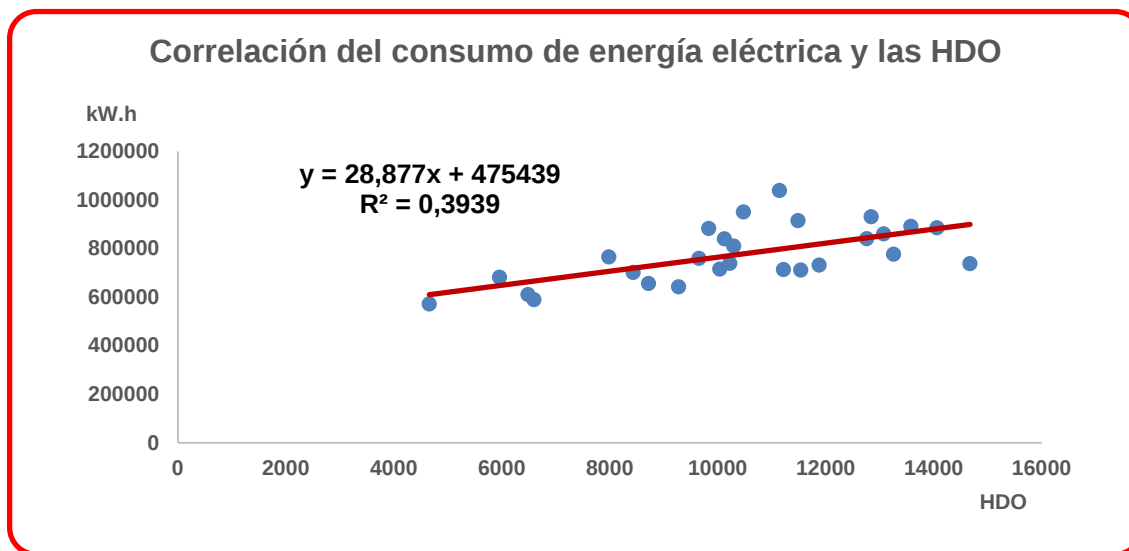


Figura 2.11. Correlación existente entre el nivel de actividad establecido y el consumo de energía eléctrica. *Fuente: Datos del departamento de SSTT.*

Se observa que existe muy baja correlación entre el consumo de electricidad y el nivel de actividad establecido, con un coeficiente de regresión, R^2 , igual a 0.3939, ya que se admite

por la bibliografía especializada un coeficiente de regresión de 0.75 como mínimo. Esto indica que no hay relación directa entre estas variables, lo que demuestra lo inapropiado de este índice para evaluar la eficiencia energética del hotel.

Los resultados anteriores evidencian que otros factores influyen en el consumo de energía eléctrica de la instalación y, por tanto, el indicador utilizado hasta la fecha, kWh/HDO, no refleja adecuadamente la eficiencia en el consumo eléctrico del hotel ni puede ser utilizado para la planificación y la evaluación de la eficiencia.

Propuesta de un nuevo índice de consumo de energía eléctrica

Del análisis realizado en el epígrafe anterior se puede plantear que el índice de consumo de energía eléctrica establecido a controlar en el hotel, kWh/HDO, no es el apropiado para medir la eficiencia energética, pues no presenta un nivel de correlación aceptable, por lo que se hace necesario la propuesta de un indicador que si presente un nivel adecuado de correlación.

Debido a que el consumo de energía eléctrica de un hotel depende de varios factores, para establecer un nuevo índice que refleje adecuadamente el comportamiento de la eficiencia energética se deben integrar los indicadores fundamentales y establecer un nivel de actividad ponderado, que a partir de ahora lo llamaremos Habitaciones Días Ocupadas equivalentes (HDO_{eq}), donde cada factor analizado tenga su propio peso y así expresar el índice de consumo de electricidad como kWh/ HDO_{eq} .

Para determinar las HDO_{eq} en el hotel se realizaron varios análisis, considerando diversas variables, hasta llegar al mejor coeficiente de regresión. Esto se logró considerando en el nivel de actividad equivalente, los grados días enfriamiento con una temperatura base de 24° C y las habitaciones días ocupadas.

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento mensual del consumo de energía eléctrica y los niveles de HDO_{eq} .

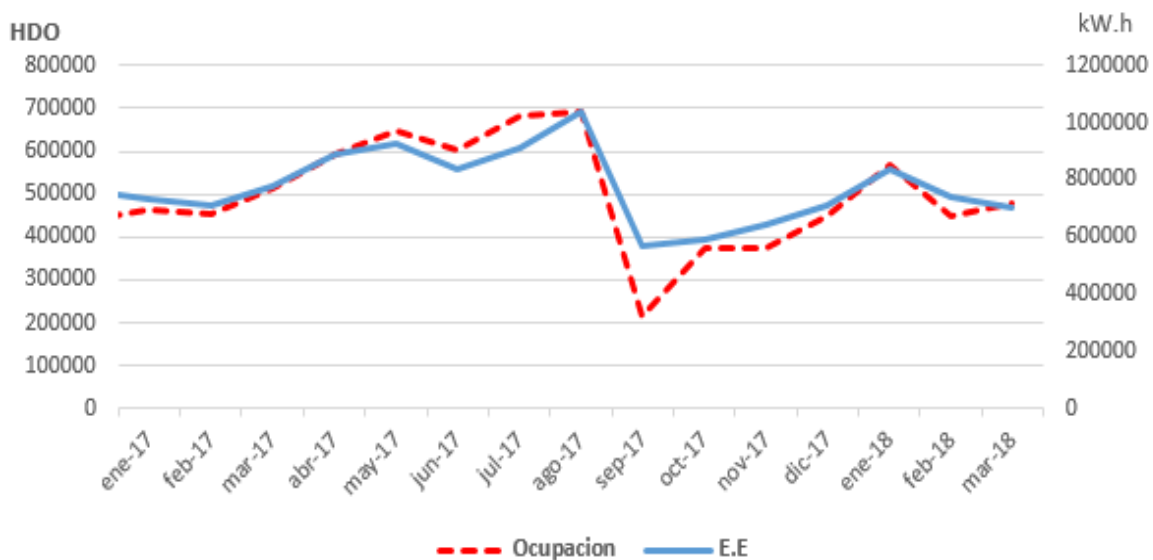


Figura 2.12. Comportamiento mensual del consumo de energía eléctrica y las HDOeq en el periodo de enero 2017 a diciembre 2018. *Fuente: Datos del departamento de SSTT.*

En el grafico anterior se puede apreciar que existe buena correspondencia entre el comportamiento de las HDO equivalentes y el consumo de energía eléctrica, al aumentar o disminuir las primeras se corresponde un comportamiento proporcional de los consumos.

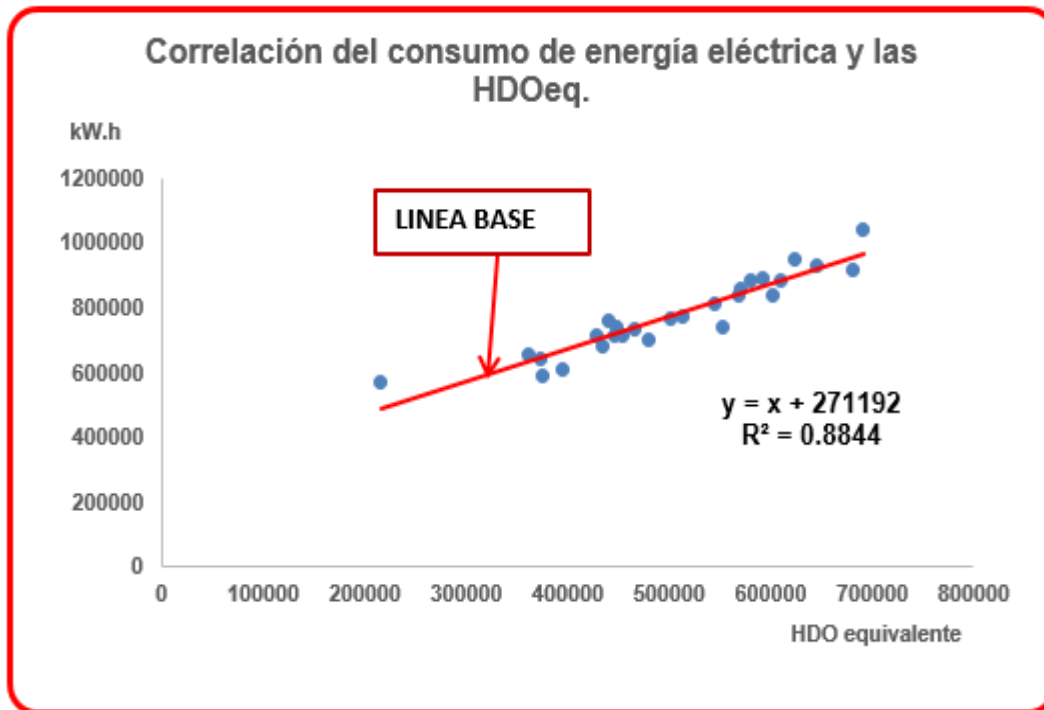


Figura 2.13. Correlación existente entre el nivel de actividad establecido según HDO equivalente y el consumo de energía eléctrica. *Fuente: Datos del departamento de SSTT.*

Como vemos en la figura 2.13, existe un nivel de correlación adecuado entre los consumos de energía eléctrica y las HDOeq, pues el coeficiente de determinación R^2 es igual a 0.8844, superior a 0.75, que es el valor mínimo admitido.

Considerando el resultado obtenido, el hotel debe proponerse la utilización de este índice para los análisis de la eficiencia energética y después que esté implementado se pueden trazar metas encaminadas a mejorar la eficiencia energética como premisa para la implementación de la norma ISO 50001.

Tabla 2.3. Escala de valores para consecuencias del Índice de consumo

Escala	Definición	Valor
No afecta	No requiere	1
Insignificante	$IC \leq 1.33$	2
Secundario	$1.34 < IC < 1.56$	3
Grave	$1.57 < IC < 1.79$	4
Muy grave	$IC \geq 1.8$	5

Etapas III. Estimación del riesgo

El riesgo puede ser definido como la combinación entre la probabilidad de que ocurra un determinado evento o fallo y la consecuencia (generalmente negativa) asociada con ese fallo o evento. El análisis de probabilidad de falla en un programa de MBR se realiza para estimar la probabilidad de la ocurrencia que genere una consecuencia adversa. Para esto es necesario la construcción del árbol de fallos y árbol de consecuencias. Para esto es necesario aplicar el paso 3.1.

Paso 3.1. Construcción del árbol de fallos y árbol de consecuencias

En este paso se realiza el árbol de fallos para determinar la causa-raíz de los fallos y el árbol de consecuencias para identificar los efectos económicos sociales, físicos y medio ambientales de los fallos. En los **anexos 5 y 6** se muestran cómo quedará la construcción del árbol de fallos, escenario y árbol de consecuencias para cada modo de fallo.

Paso 3.2. Elaborar el FMECA

Para la estimación del riesgo se construye el FMECA. La estimación se realiza de forma cualitativa con un previo análisis del árbol de fallas, el escenario y el árbol de consecuencias de cada equipo seleccionado en la fase VI. La técnica del árbol de fallas es una de las más

usadas para estimar la frecuencia de ocurrencia de eventos no deseados en sistemas con varios componentes. La utilización de este método de análisis de riesgos permite un conocimiento exhaustivo de las relaciones causa-efecto existente entre los diversos fallos posibles del sistema. **Ver anexo 7 y 8.**

Paso 3.3. Estimación de los NPR

La determinación de los NPR, se determina a través de la multiplicación de las consecuencias por la frecuencia y su detección. Para estimar las consecuencias se siguen los pasos de la figura 2.14. El grupo de trabajo seleccionó los criterios siguientes: seguridad física, operacional, medio ambiente, no operacional e índice de consumo (energía eléctrica). Dichos criterios son evaluados y a su vez se le asigna un peso por el método de ordenación simple (**anexo 9**). Por último, son estimadas las consecuencias utilizando la fórmula mostrada en el (**anexo 9**). Mientras que la probabilidad del fallo, solo se determina por la multiplicación de la frecuencia por la detección de forma cualitativa (**anexo 10**).

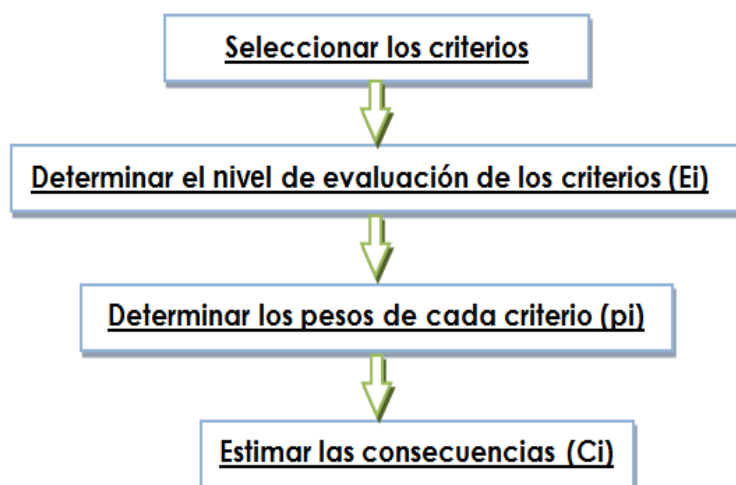


Figura 2.14. Procedimiento para estimar las consecuencias. *Fuente: Moreira Cano, 2017.*

Fase IV: Establecer los intervalos del NPR y clasificación del nivel de riesgo

Los niveles de prioridad del riesgo (NPR), se clasifican según el riesgo de cada causa de fallo a través de los intervalos seleccionados por el grupo de expertos, como se muestra en la tabla 2.4. Los resultados obtenidos se muestran en el **anexo 8 y 9** columnas de evaluación del FMECA.

Tabla 2.4. Clasificación del nivel de riesgo según los intervalos del NPR

Nivel de riesgo	Intervalo NPR (%)
BAJO	$\text{NPR} \leq 5$
MEDIO	$6 \leq \text{NPR} \leq 17$
ALTO	$\text{NPR} \geq 18$

Fase V: Determinación del tipo de mantenimiento a emplear

La planificación del tipo de mantenimiento que se debe aplicar al componente asociado a la causa de fallo correspondiente se realiza a través del esquema que se muestra en la figura 2.15 y los resultados se observan en el **anexo 7 y 8**.

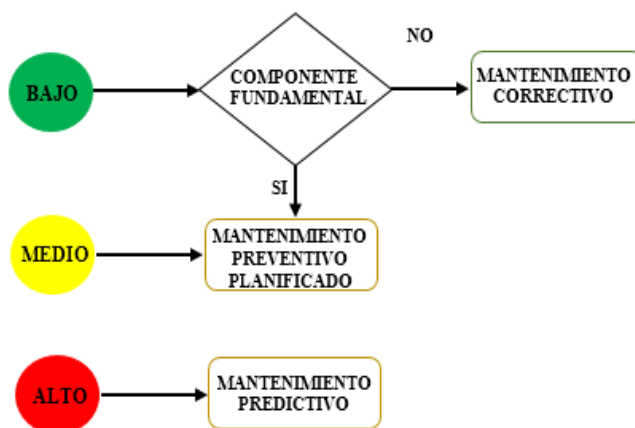


Figura 2.15. Algoritmo desarrollado para la selección del tipo de mantenimiento según su riesgo asociado por componentes. *Fuente: Pérez Taillacq, 2020.*

En la figura 2.16 se muestra un gráfico pastel con el comportamiento de cada causa de fallo según los niveles de riesgo mostrados en la columna del nivel del riesgo del anexo 7 para los compresores.

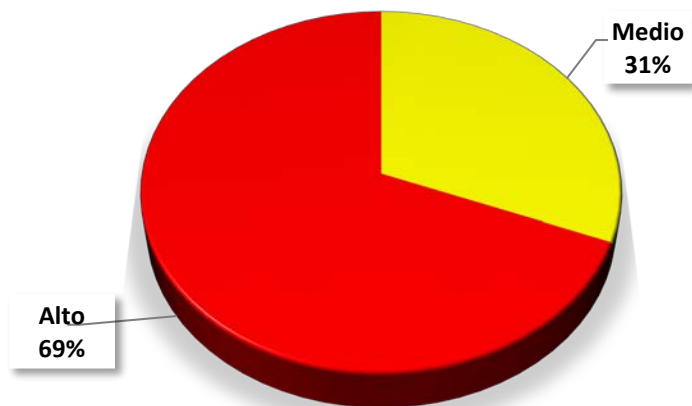


Figura 2.16. Comportamiento de los niveles de riesgo. Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.17 se muestra un gráfico pastel con el comportamiento de cada causa de fallo según los niveles de riesgo mostrados en la columna del nivel del riesgo del anexo 8 para las válvulas.

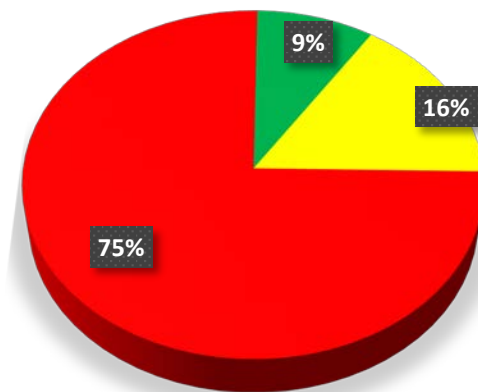


Figura 2.17. Comportamiento de los niveles de riesgo. Fuente: Elaboración propia

Ante tal situación se propone una serie de acciones preventivas para mejorar los valores de NPR estimados, siendo mostrados en los anexos 11 y 12 donde queda identificado el responsable de la tarea y el intervalo a efectuarse; así como los NPR mejorados.

En la figura 2.18 y 2.19 se muestran una comparación de la cantidad de modos de fallos existentes en cada nivel de riesgo, antes y después de definidas las acciones de mejora.

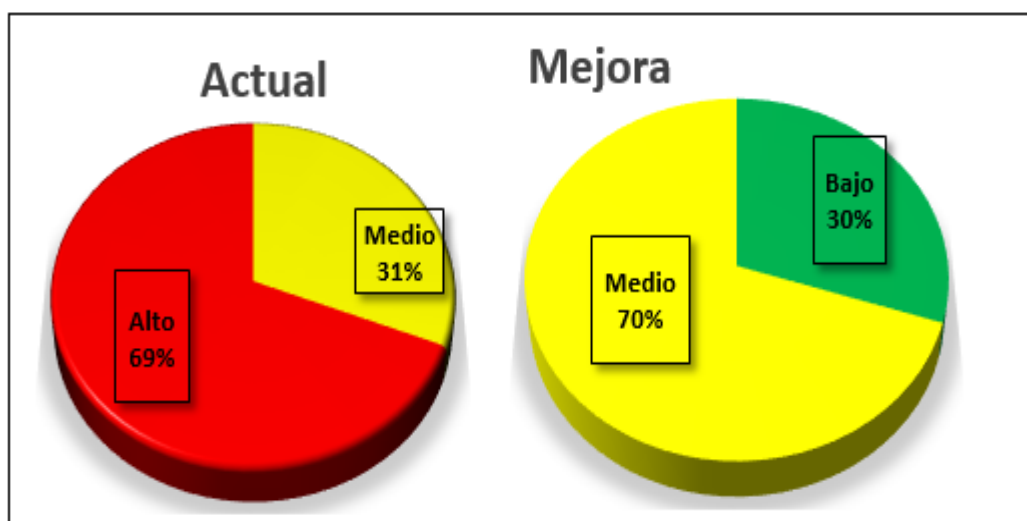


Figura 2.18.Resultados de los niveles de riesgo actual y mejorado para el compresor.
Fuente: Elaboración propia

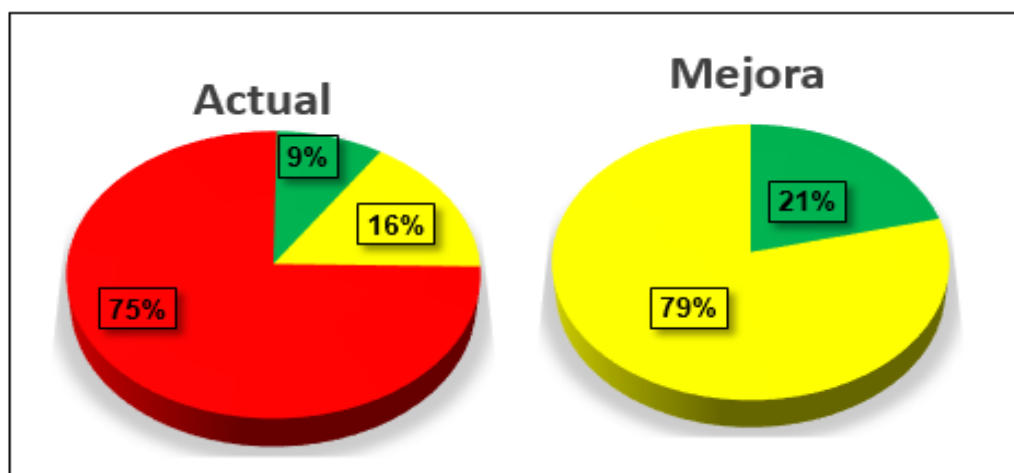


Figura 2.19.Resultados de los niveles de riesgo actual y mejorado para la válvula solenoide.
Fuente: Elaboración propia.

2.4. Conclusiones parciales

1. El análisis realizado a los sistemas del hotel objeto de estudio práctico logró el procesamiento de información brindada por la empresa lo que permitió seleccionar al sistema de cámaras frías como objeto de estudio de esta investigación, siendo el sistema de refrigeración (cámaras refrigeradas), la tercera de mayor consumo y no se escoge los sistemas de climatización, bombeo de agua y calentamiento de agua, por ser estudiadas en trabajos anteriores.
2. La metodología seleccionada de mantenimiento basada en el riesgo energético se adaptó a las características del sistema de cámaras frías en la entidad objeto de estudio, para seleccionar los tipos de mantenimiento más efectivos a cada causa de fallo.
3. Los valores obtenidos del nivel de prioridad de riesgo asociados a cada causa de fallo, fueron clasificadas en alto y medio para el compresor correspondiendo el 69 % al primero y el 31 % al segundo; y en el caso de la válvula solenoide fue clasificado un 75% de alto, un 16% de medio y un 9% de bajo.
4. Los tipos de mantenimiento a ejecutar según el nivel de riesgo de cada causa de fallo son para el compresor el mantenimiento preventivo planificado y el mantenimiento predictivo; mientras que para la válvula mantenimiento preventivo planificado y el mantenimiento predictivo y el correctivo.

Conclusiones generales

1. El estudio de la bibliografía consultada para la construcción del marco teórico de la investigación confirma la existencia de una amplia base conceptual que evidenció la importancia que se le atribuye al Mantenimiento Basado en el Riesgo, así como la necesidad de su implementación en el sistema de cámaras frías del Hotel Iberostar Ensenachos como resultado del análisis de la situación problemática.
2. El análisis de las diferentes metodologías relacionadas al Mantenimiento Basado en el Riesgo permitió corroborar la existencia de una amplia base conceptual y metodológica para resolver el problema de investigación planteado. Específicamente se consideró como adecuado el enfoque propuesto por Espinosa Martínez y de la Paz Martínez (2017) el cual se adapta a las características del sistema de cámaras frías y permite seleccionar los tipos de mantenimiento más efectivos a partir de la relación entre mantenimiento – energía y sus riesgos asociados por cada causa de fallo.
3. La introducción de un nuevo índice de consumo con nivel de correlación aceptable permite trazar metas encaminadas a mejorar la eficiencia energética al posibilitar la detección de las consecuencias que afectan el funcionamiento de las cámaras frigoríficas y así tenerlas en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento.
4. El procedimiento implementado determinó como resultado final que los tipos de mantenimiento a ejecutar según el nivel de riesgo de cada causa de fallo son el mantenimiento preventivo planificado, el mantenimiento predictivo y el correctivo.

Recomendaciones

1. Proponer a la dirección realizar una valoración de las propuestas de mejora presentadas, en aras de ser aplicadas en el hotel.
2. Sugerir a la dirección de mantenimiento del hotel que se desarrolle la capacitación al personal que se ocupará de poner en práctica y evaluar el procedimiento propuesto a fin de mantenerlo actualizado sugiriendo los ajustes necesarios.
3. Aplicar el procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo al resto de los equipos del Hotel Iberostar Ensenachos, analizando la factibilidad de su implantación y considerando las modificaciones que en cada caso pudieran ser necesarias.
4. Extender los resultados obtenidos en cuanto a información y experiencia a otros hoteles de la cayería.

Bibliografía

1. ACOSTA PALMER, H. R. 2012. *Auditoría y Evaluación de la Gestión de la Calidad en el Mantenimiento*.
2. AGUILAR DE ORO, Y. 2012. Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo. Aplicación en la Empresa Mecánica "Indalecio Montejó" de Ciego de Ávila. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
3. ALFONSO LLANES, A. 2009. *Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento*. . Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. , UCLV.
4. ALKAIM., J. L. 2003. Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos.
5. ALRABGHI, A. & TIWARI, A. 2015. State of the art in simulation-based optimisation for maintenance systems. *Computers & Industrial Engineering*, 167-182.
6. ALTMANN, C. 2010. El Mantenimiento y la eficiencia energetica.
7. AMARIS ARIAS, J. B. 2006. Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia. Ponencia presentada en el V Congreso Cubano de Mantenimiento. , 2006 III CIMEI. Santa Clara, Cuba.
8. API 580/581 2008. Inspección Basada en Riesgo
9. ARANCIBIA FUENTES, J. I. 2019. *Análisis de confiabilidad condicional y vida remanente esperada en paneles solares fotovoltaicos para la aplicación de modelo de mantenimiento basado en condicion*. Universidad Técnica Federico Santa María.España
10. ARCE, E. 2005. *La Administración de los Inventarios Integrada al Programa de Mantenimiento de la UEN Transporte de Electricidad ICE.*, Universidad Estatal a Distancia Sistema de Estudio de Postgrado Maestría en Administración de Negocios Gerencia de Proyectos.
11. AUGUSTO TAVARES, L. 1999. *Administración Moderna de Mantenimiento*.
12. BALDA SALAS, A. A. 2006. *Plan de inspección basada en riesgo para equipos estáticos de una instalación de procesamiento de hidrocarburos*. Universidad Simón Bolívar
13. BARONE, G. & FRANGOPOL, D. M. 2014. Reliability, risk and lifetime distributions as performance indicators for life-cycle maintenance of deteriorating structures.

14. BATISTA RODRÍGUEZ, C. 2008. *Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos*. Universidad de Holguín. Cuba.a. Bibliografía. .
15. BETANCOURTH BOLÍVAR, A. K. 2020. *Plan de accion para el área de mantenimiento correctivo menor en la caja Colombiana de Subsidio Familiar-Colsubsidio*.
16. BORROTO PENTON, Y. 2005. Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en la provincia Villa Clara. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
17. CARDOSO DE MORAIS, V. 2004. Metodologia de priorização de equipamentos médicohospitales em programas de manutenção preventiva. Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería Biomédica. Universidad de Campiñas. Brasil.
18. CASTELLANOS LÓPEZ, I. 2015. *Selección del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento del Gran Hotel "Los Helechos"*. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. .
19. CÉSPEDES HERNÁNDEZ, M. 2016. Contribución al mejoramiento del mantenimiento en la residencia estudiantil de la Sede Central de la UCLV. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. .
20. COLLINS ROBERT, HARVESTER SCOTT & APODACA PAUL 2007. API for maintenance and delivery of advertising content: Google Patents.
21. CHANDIMA RATNAYAKEA R. M & M., K. A. 2017. Development of a Risk Matrix and Extending the Risk-based Maintenance Analysis with Fuzzy Logic.
22. DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. 1996. Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil" Desembarco del Granma. Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas.
23. DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. 2015. "Una nueva visión en la Gestión del mantenimiento". .
24. DI STEFANO, M., PEREIRA, M. C. & PIPKIN, M. 2006. La producción de secuencias didácticas de lengua y escritura para áreas disciplinares diversas. Problemas frecuentes. *Signo y seña*, 119-135.
25. DUMAGUALA ENCALADA, E. M. 2014. *Gestión e implementación del plan de mantenimiento en los laboratorios del área de Ingeniería Mecánica* . . Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

26. ESPINOSA FUENTES, F. 2013. EL mejoramiento continuo: Conceptos para el mantenimiento industrial.
27. ESPINOSA MARTÍNEZ & DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. M. 2017. Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el Hotel Playa Cayo Santa María. . *Paper presented at the CICE. 10ma Conferencia de Ingeniería Industrial.* Varadero. Cuba.
28. ESPINOSA MARTÍNEZ, J. U. 2014. Procedimiento de mantenimiento basado en el riesgo.
29. FABRO, E. 2003. *Modelo para planejamento de manutén Cao baseadoem indicadores de criticidade de processo.* . . Universidad Federal de Santa Catarina.
30. FERNÁNDEZ, J., MATOS, J. & PRIM, R. 1983. Sistema de mantenimiento preventivo planificado. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana. .
31. FERNÁNDEZ LLANES, R. 2011. *Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del análisis de riesgo.* . Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. .
32. GARCÍA GARRIDO, S. 2010. Organización y gestión integral de mantenimiento.
33. GARCÍA GONZÁLEZ-QUIJANO, J. 2004. Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM). *Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.*
34. GESTIÓN DE ACTIVOS HOTELEROS 2000. "Gestión de mantenimiento de activos hoteleros Aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador a un establecimiento hotelero".
35. GIRALDO MARTÍNEZ, L. A. 2014. *Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional.* Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
36. GONZÁLEZ-QUIJANO, J. G. 2004. Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM). Tesis en opción al grado académico de Master en Gestión Técnica y Económica en el sector eléctrico. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.
37. GRUPO DE TURISMO GAVIOTA, S. A. 2012. Manual de Servicios Técnicos.

38. HEREDIA ALMAGUER, D. 2016. Determinación de la criticidad del equipamiento productivo de la empresa a partir del método Análisis de Envoltura de Datos (DEA) tomando como referencia métodos tradicionales de clasificación.
39. HERNÁNDEZ, A. 2017. *Mantenimiento basado en el riesgo para el equipamiento del sistema de clima en el hotel Valentín Perla Blanca* Universidad Marta Abreu de Las Villas.
40. HERNÁNDEZ MILIA, R. 2010. *Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de selección del sistema de mantenimiento.*, Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas.
41. HURTADO DE MENDOZA FERNÁNDEZ, S. 2003. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través
42. del método Delphy".
<http://www.ub.es/histodidactica/Epistemolog%EDa/Delphy.htmÚltima>
43. consulta: 21.01.2009.
44. ISSO 31000 2015. Norma Cubana ISO 3100.
45. KALLEN. & KUNIEWSKI 2009. "Risk and decision analysis in Maintenance Optimization and Flood Management". Editado por IOS Press BV NieuweHemweg, Amsterdam, Holanda. 67.
46. KHAN SADIQ, R. & HADDARA, M. M. 2003. RISK-BASED INSPECTION AND MAINTENANCE (RBIM) Multi-attribute Decision-making with Aggregative Risk Analysis.
47. LEON MARQUEZ, O. 2010. *Determinación del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo de la Unidad Básica de Producciones Metálicas "El Vaquerito"*. . Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. .
48. LEONG, H. K., ZAKUAN, N. & SAMAN, M. Z. M. 2012. Quality management maintenance and practices-technical and non-technical approaches.
49. LINEAMIENTOS. 2021. CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO ECONÓMICO Y SOCIAL CUBANO DE DESARROLLO SOCIALISTA.
50. LLERENA MORERA, D. 2016. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a equipos más consumidores de energía eléctrica del Hotel "Cayo Santa María".
51. MANUAL. 2011. Manual de Servicios Técnicos. .
52. MEER-KOOISTRA , V. D. & VOSSelman, E. G. 2000. Management control of interfirm transactional relationships: the case of industrial renovation and maintenance.

53. MENA SÁNCHEZ, M. & ALFONSO LLANES, A. 2016. *Contribución al mejoramiento de la Gestión de mantenimiento en la UEB Provari de Ciego de Ávila*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
54. MORA GUTIÉRREZ, A. 2012. *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque sistémico kantiano*. Editorial Coldi. Medellín, Colombia. www.pdfactory.com.
55. MOREIRA CANO, C. A. 2017. *Mantenimiento basado en el riesgo al sistema de enfriadoras de agua en el hotel Playa Cayo Santa María*. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería
56. MOUBRAY, J. 1997. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)*. Editorial Butterworth Heinemann: Oxford,(1.997).
57. NAVARRETE PEREZ, E. & GONZÁLEZ MARTÍN, J. R. 1986. *Mantenimiento industrial*.
58. NETO CHUSIN, E. O. 2008. *Mantenimiento industrial*. Macas-Ecuador.
59. NORMAN, T. 2012. *System Management, Maintenance, and Repair Electronic Access Control*.
60. OLIVES MASIP, R. 2015. "Mantenimiento preventivo". Dirección General de Relaciones Laborales y Calidad en el Trabajo. Barcelona. .
61. ORIHUELA GARCÍA, D. 2010. *Procedimiento para la evaluación del impacto de la gestión de activos fijos sobre la Gestión de Operaciones. Aplicación en la UEB Embotellado de la Cervecería "Antonio Díaz Santana"*. .
62. PAREDES RODRÍGUEZ, F. 2005. "El nuevo enfoque para optimizar el mantenimiento".
63. PARRA MÁRQUEZ, C. 2019. *Modelo integral de Gestión del Mantenimiento (MGM), alineado con los pilares del conocimiento de la certificación CMRP (Certified Maintenance & Reliability Professional)*.
64. PEÑA VASCONCELLOS, L. T. 2015. "Selección del tipo de mantenimiento basado en el análisis de riesgo en la Unidad Básica Textil "Desembarco del Granma", Villa Clara". Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
65. PÉREZ GONZÁLEZ, W. 2016. *Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el Hotel Playa Cayo Santa María*. . Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
66. PÉREZ JARAMILLO, C. M. 2004. *El futuro del mantenimiento de la ingeniería de manufactura*. .

67. PÉREZ TAILLACQ, A. E. 2020. *Análisis del sistema de manejadoras de aire a través del Mantenimiento Basado en el Riesgo en el Hotel Playa Cayo Santa María.*, Universidad Marta Abreu de las Villas
68. POLO SALGADO, L. 2011. *Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo. Aplicación en el Combinado de Productos Lácteos de Ciego de Ávila.*, Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas.Santa Clara,Cuba. .
69. PORTUONDO PICHARDO, F. 1990. *Economía de empresas industriales. Primera Parte.* Editorial Pueblo y Educación. .
70. RESOLUCIÓN. 2020. *Principios que rigen la actividad de Mantenimiento en el Sistema de Turismo.*
71. RIVERO RODRÍGUEZ, L. D. 2016. *Herramienta informática para la gestión de mantenimiento en el hotel "Meliá Las Dunas". (Tesis de Diploma), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. .* Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. .
72. ROBLES, ALLEN JESUS , GRADOS, F. & ÓSCAR ERNESTO. 2019. *Diagnóstico de fallas, por mantenimiento predictivo, para optimizar el servicio post venta de maquinaria pesada volvo, en una Empresa Concesionaria Automotriz.*
73. RODRÍGUEZ DÍAZ, Y. 2014. *Definición de la política de mantenimiento para el equipamiento productivo de la UEB "Elpidio Sosa" de la Electroquímica de Sagua la Grande a partir de la metodología de Análisis de riesgo.* Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas.
74. RODRÍGUEZ MACHADO, A. 2012. *Manual de gestión de mantenimiento.* Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. .
75. SALAZAR LÓPEZ, B. 2019. *¿Qué es la Gestión del Mantenimiento?*
76. SÁNCHEZ SÁNCHEZ, R. 1999. *"Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las Empresas de azúcar crudo cubanas".* Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara. Cuba. .
77. SOSA MARTÍNEZ, D. A. 2016. *Selección del tipo de mantenimiento a aplicar en los sistemas tecnológicos y equipos del Kurhotel "Escambray".* Universidad Marta Abreu de las Villas
78. SOTUYO BLANCO, S. 2001. *Optimización Integral de Mantenimiento*
79. TABOADA RODRIGUEZ, C. 1990. *Organización y Planificación de la producción.*
80. TOBALINA, F. 1994. *Mantenimiento Productivo Total: realidad y aplicación práctica.* .

81. TOMLINGSON, P. D. 2010. *"Equipment Management. Key to Equipment Reliability and Productivity in Mining"*. .
82. TORRES, L. D. 2005. "Mantenimiento. Su Implementación y Gestión". Datastream Systems, Inc., Argentina. 129.
83. TORRES RODRÍGUEZ, R. M. 2008. *"Tecnología para la Gestión de los Servicios Técnicos en Hoteles de sol y playa. Aplicación en hoteles del Polo Turístico de Guardalavaca"*. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".
84. TROYA, J. 2016. *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en el hospital provincial docente clínico quirúrgico "Comandante Manuel Fajardo Rivero"*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
85. VELAZQUEZ PÉREZ, E. 2014. Implementación del sistema alternativo de Mantenimiento en la Empresa Gráfica de Villa Clara. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
86. VILLADA DUQUE, F. 1998. El mantenimiento como estrategia competitiva.
87. YSSAAD B, KHIAT M & CHAKER A 2014. *Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems*.
88. ZHAO, M.-X., SU, J. & LIU, S.-G. 2012. Risk Assessment Based Maintenance Management for Distribution Network. *Journal of International Council on Electrical Engineering*, 84-89.

Anexos

Anexo 1 Metodologías para la realización de planes de Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR)

Fuente	Descripción
Khan Sadiq and Haddara (2003)	Proponen una nueva metodología para la inspección y el mantenimiento basado en el riesgo. Integra la evaluación cuantitativa de los riesgos y la evaluación con técnicas de análisis de confiabilidad. La intervención de los equipos se realiza con la determinación de la prioridad basada en el riesgo total considerando elementos económicos, de seguridad y medio ambiente, a partir de estos resultados se desarrolla un plan de mantenimiento para reducir el riesgo no-tolerable.
García González-Quijano (2004)	Esta metodología se encuentra compuesta por seis secciones en las cuales se abordan los métodos para identificar los mecanismos de degradación más probables y para desarrollar escenarios en los cuales se combina la evaluación de la probabilidad de fallo y de las consecuencias del fallo. A través del modelo Bow tie utiliza el árbol de fallos y el árbol de eventos o sucesos para concluir con la evaluación de cómo desarrollar la valoración del riesgo e identificar nuevas actividades de inspección y mantenimiento.
API (580/581 2008)	Inspección Basada en Riesgo, permite caracterizar el riesgo asociado a los componentes estáticos de un sistema de producción sometidos a corrosión, con base en el análisis del comportamiento histórico de fallos, modos de degradación o deterioro,

	características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y políticas gerenciales tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas. El objetivo fundamental del RBI es definir planes de inspección basados en la caracterización probabilística del deterioro y el modelaje probabilístico de la consecuencia de un fallo (caracterización del riesgo). Esta metodología se basa en tres fases fundamentales estimación del riesgo, evaluación del riesgo y planificación del mantenimiento.
Rodríguez Díaz (2014)	El siguiente procedimiento consta de seis fases abarcando elementos, según la nueva norma ISSO 31000 (2015) y estudios anteriores como el de García González-Quijano (2004) , deben tenerse en cuenta en estudios que se realice sobre el mantenimiento basado en el riesgo. Además, el autor realiza un estudio pormenorizado de las diferentes técnicas existentes para realizar estudios de este tipo, y deja abierta, a las condiciones específicas de cada entidad, el empleo de una u otra herramienta.
Giraldo Martínez (2014)	Según este autor la metodología de mantenimiento basado en el riesgo se desarrolla en tres módulos principales: la determinación del riesgo, que consiste en la identificación y estimación del riesgo; la evaluación del riesgo, el cual considera los criterios de valoración para la comparación con los criterios de aceptación; y

	por último la planeación del mantenimiento, considerando los factores de riesgo.
Espinosa Martínez (2014)	Propone un procedimiento que está compuesto por tres etapas donde cada una contiene dos fases, en la primera se conforma el grupo de trabajo y selecciona el equipamiento, en la segunda se estima el riesgo y en la tercera se planifica el mantenimiento. Para desarrollar cada una de estas etapas se emplean herramientas para identificar y calcular el nivel de probabilidad de riesgo, se utilizan técnicas estadísticas, y se apoya en la metodología de (García González-Quijano (2004)), junto con la evaluación y control para concluir con el estudio.

Anexo 2. Funciones principales de los servicios técnicos en los hoteles (Grupo de Turismo Gaviota S.A (2011):

Funciones principales de los servicios técnicos	• Planificar, impulsar y realizar las acciones de mantenimiento preventivo en la instalación. • Supervisar el adecuado cumplimiento y realizar las acciones de mantenimiento correctivo. • Establecer métodos bien estudiados para la corrección de averías típicas, ya sea para evitarlas o para que su reparación resulte económica en cuanto a materiales y mano de obra. • Colaborar y supervisar las obras de inversiones, remodelaciones y ampliaciones en las instalaciones. • Dotar a la instalación de los materiales necesarios para un correcto desempeño de su cometido. • Organizar, planificar y formar el equipo técnico de la instalación. • Elaborar, controlar e implantar las medidas técnicas organizativas para cumplir el Programa Energético de la Instalación. • Ejecutar el Plan de Formación del personal apoyándose en los técnicos más capacitados, Escuelas de Oficios y del Organismo con el fin de lograr la polivalencia del personal. • Elaborar y adaptar las normativas operacionales y de seguridad del trabajo en correspondencia con la legislación vigente. • Cumplimentar el sistema de comunicación existente entre el departamento y los demás departamentos de la instalación. • Conseguir la mayor efectividad del personal asignado a su departamento, exigiendo a sus operarios: • Nivel profesional adecuado. • Presencia correcta. • Comportamiento adecuado.
--	--

	• Honradez en su trabajo. • Sentido de responsabilidad y colaboración. • Rapidez de acción. • Elaborar de conjunto con la Defensa Civil el Plan Contra Catástrofes e instrumentar las actuaciones del personal para cada situación. • Elaborar de conjunto con el Departamento de Seguridad y Recursos Humanos el Plan Contra Incendios, sometiéndolo a la aprobación de los Especialistas del Ministerio del Interior.
--	---

Anexo 3

ORGANIGRAMA DE LA UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE HOTEL CAYO ENSENACHOS



Anexo 4. Método de expertos. Fuente: (Hurtado de Mendoza Fernández, 2003)

1. Selección del grupo de expertos

Elaboración de una lista de candidatos a expertos que cumplan con los requisitos necesarios para el estudio.

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	Ariel Iglesias Rosa	Mecánico de habitación	6
2	Emilio Omar Pérez Hernández	Mecánico General	6
3	Jandro Zorio Delgado	Eléctrico	6
4	Rosa Maria Pérez Díaz	Técnica en ahorro y uso racional de energía	6
5	Duniel Rodríguez Riestra	Mecánico de Brigada de Bomba	11
6	José Alberto Santa Cruz Ramos	Jefe de Servicios Técnicos	6
7	Julio Ariosa Cancio	Mecánico de habitación	6
8	Yucel Francis Espinosa	Jefe de Brigada	4

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

Para la determinación de este coeficiente se emplea un método de autoevaluación totalmente anónimo. Se aplica una encuesta a cada uno de los candidatos, en la que expresa el grado de conocimiento sobre el tema y las fuentes de dicho conocimiento, los resultados obtenidos se detallan a continuación.

Encuesta

1-Marque con una (x), en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tiene sobre el tema.

[illegible]

Anexo 4. Continuación...

2- Marque con una (x), el nivel que Usted cree que corresponde a cada uno de los aspectos reflejados en la tabla siguiente:

Mecánico de habitación 1

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			X
2	Experiencia práctica			X
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			X
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			X
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			X
6	Intuición		X	

Mecánico General 2

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales		X	
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			X
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			X
6	Intuición	X		

Anexo 4. Continuación...

Eléctrico 3

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición	X		

Técnica en ahorro y uso racional de energía 4

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición		X	

Anexo 4. Continuación...

Mecánico de Brigada de Bomba 5

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			X
2	Experiencia práctica		X	
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			X
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			X
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero			X
6	Intuición		X	

Jefe de Servicios Técnicos 6

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	X		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	X		
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero	X		
6	Intuición	X		

Anexo 4. Continuación...

Jefe de Brigada 7

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	X		
2	Experiencia práctica	X		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales		X	
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		X	
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero		X	
6	Intuición		X	

Resumen de los coeficientes de competencia para la selección de los expertos

Nº	Coeficiente de conocimiento	Coeficiente de argumentación	Coeficiente de competencia	Nivel de competencia
1	0.5	0.7	0.6	Medio
2	0.5	0.5	0.5	Alto
3	0.8	1	0.9	Alto
4	0.8	1	0.9	Alto
5	0.8	0.9	0.85	Bajo
6	1	1	1	Alto
7	1	1	1	Bajo

Selección de los expertos

Para esto se efectúa el cálculo correspondiente a través de la fórmula siguiente:

K: Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido, los valores se ofrecen a continuación:

Anexo 4. Continuación...

Nivel de confianza (%)	Valor de K
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6896

K = 3.8416 para $\infty = 0.05\%$ (Nivel de significación)

i – nivel de precisión deseado, varía de (0.005 – 0.1)

i = 0.1

P = 0.013 (proporción estimada de errores de los expertos)

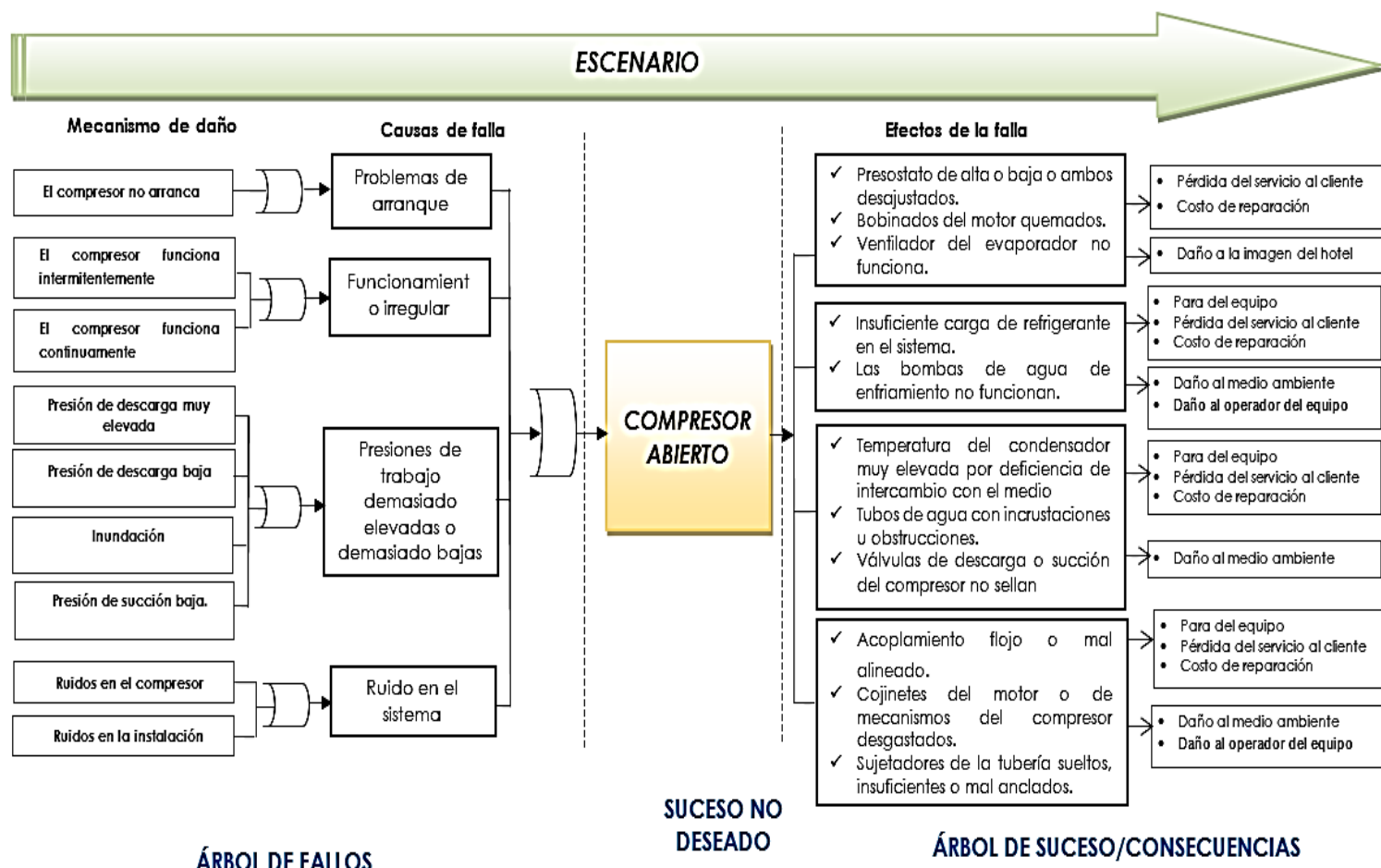
$$M = \frac{P * (1 - P) * K}{i^2}$$

M = 4,29 $\approx$ 5 expertos

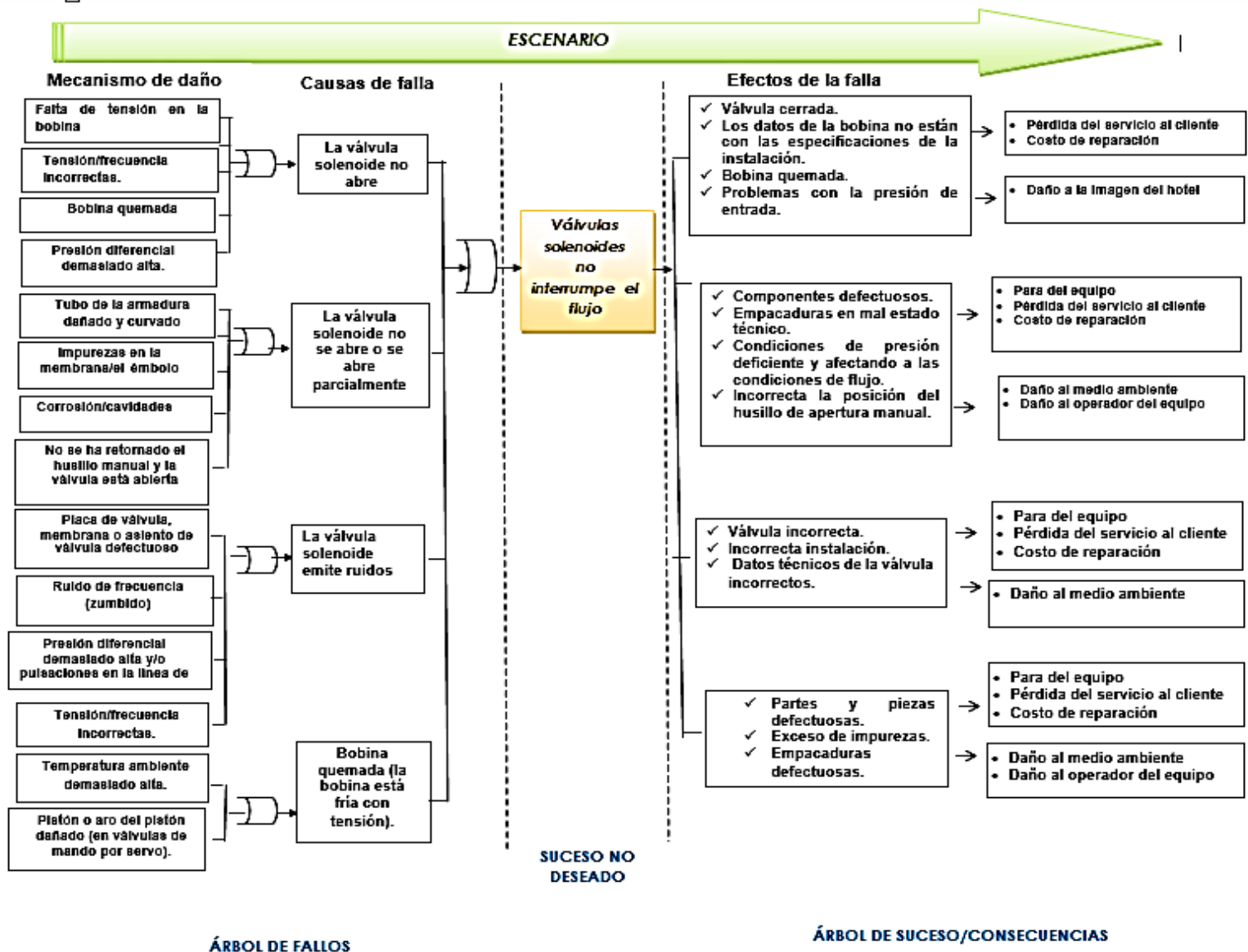
Para el equipo de trabajo se debe contar con ocho expertos; por lo que teniendo en cuenta las personas que tienen mayor coeficiente de competencia, se seleccionan los candidatos que se muestran en la tabla siguiente:

Nº	Nombre	Ocupación
1	Ariel Iglesias Rosa	Mecánico de habitación
2	Emilio Omar Pérez Hernández	Mecánico General
3	Jandro Zorio Delgado	Eléctrico
4	Rosa Maria Pérez Díaz	Técnica en ahorro y uso racional de energía
5	José Alberto Santa Cruz Ramos	Jefe de Servicios Técnicos

Anexo 5 Árbol de fallos y árbol de consecuencias para el compresor.



Anexo 6 Árbol de fallos y árbol de consecuencias para la válvula.



Anexo 7 FMECA

Elaborado por:		Sistema:		Contexto operacional:										
Fecha:		Equipo:												
Revisado por:														
Componente y Función	Modo de fallo	Causa de fallo		Código	Efectos del fallo	Valoración FMECA					Tarea de mantenimiento propuesta / sugerida	Frecuencia propuesta / sugerida	Ejecutor sugerido	
						C	F	D	NPR	Nivel del riesgo				
Es el encargado de comprimir el gas refrigerante	Compresor abierto	5	Problemas de arranque	5A1	Presostatos desajustados o bobinado del motor quemado.	3.422	3	1	10.266		Mantenimiento Preventivo Planificado	Cuatrimestral	Mecánico	
			Funcionamiento irregular	5B2	Insuficiente carga del refrigerante. Las bombas de aguas de enfriamiento no funcionan.	3.942	4	2	31.536		Mantenimiento Predictivo	Cuatrimestral	Mecánico	
			Presiones de trabajo demasiadas elevadas o demasiadas bajas	5C3	Temperatura del condensador muy elevado por deficiencias de intercambios con el medio. Tubos de aguas con obstrucciones y las válvulas no sellan.	3.418	4	2	27.344		Mantenimiento Predictivo	Cuatrimestral	Mecánico	
			Ruido en el sistema	5D4	Acoplamiento flojo o mal alineado. Cojinetes del motor desgastados. Sujetadores de la tubería sueltos.	2.692	3	2	16.152		Mantenimiento Preventivo Planificado	Cuatrimestral	Mecánico	

Anexo 8 FMECA

Elaborado por:			Sistema:		Contexto operacional:			2.432					
Fecha:			Equipo:										
Revisado por:													
Componente y Función	Modo de fallo	Causa de fallo		Código	Efectos del fallo	Valoración FMECA					Tarea de mantenimient o propuesta / sugerida	Frecuencia propuesta / sugerida	Ejecutor sugerido
						C	F	D	NPR	Nivel del riesgo			
Es el encargado de regular la circulación de gases	Válvulas solenoides no interrumpe el flujo	8	La válvula solenoide no abre	8A1	Los datos de la bobina no están con las especificaciones de la instalación. Bobina quemada. Problemas con la presión de entrada.	3.226	3	1	9.678		Mantenimiento Preventivo Planificado	Diario	Mecánico
			La válvula solenoide no se abre o se abre parcialmente	8B2	Componentes defectuosos. Empacaduras en mal estado técnico. Condiciones de presión deficientes.	3,092	4	2	24.736		Mantenimiento Predictivo	A Condición	Operario
			La válvula solenoide emite ruidos	8C3	Válvula incorrecta. Incorrecta instalación. Datos técnicos de la válvula incorrectos.	1.842	3	1	5.526		Mantenimiento Correctivo	Semanal	Mecánico
			Bobina quemada (la bobina está fría con tensión).	8D4	Partes y piezas defectuosas. Exceso de impurezas. Empacaduras defectuosas.	2.762	4	2	22.096		Mantenimiento Predictivo	A Condición	Operario

Anexo 9. Análisis de las consecuencias por causa de fallas.

Para el análisis de las consecuencias se evalúan los siguientes tipos de consecuencias que pueden ocurrir:

- Seguridad física (SF)
- Medio ambiente (MA)
- Operacionales (O)
- No operacionales (NO)
- Índice de consumo de energía eléctrica (ICEE)

Para la evaluación de cada una de estas consecuencias se plantea una Nivel de valoración para cada una.

Para valorar las consecuencias operacionales se tiene en cuenta si la pérdida de la función por una causa de fallo puede afectar el servicio.

Tabla de nivel de valoración para consecuencias de seguridad física.

Nivel	Definición	Valor
No afecta	No hay tipo de lesión ni muerte	1
Insignificante	Afecta máximo a una persona dejando lesiones insignificantes, que no producen incapacidad ni la muerte.	2
Secundario	Afecta como máximo tres personas dejando lesiones insignificantes que pueden generar incapacidad parcial, pero no la muerte.	3
Grave	Afecta hasta siete personas dejando lesiones insignificantes o graves que pueden generar incapacidad parcial o de por vida, pero no la muerte.	4
Muy Grave	Afecta más de siete personas pudiendo dejar lesiones muy graves que pueden generar incapacidad temporal, de por vida o la muerte.	5

Anexo 9. Continuación...

Tabla de nivel de valoración para consecuencias de medio ambiente

Nivel	Definición	Valor
No afecta	No afecta al medio ambiente	1
Insignificante	Causa impacto ambiental no significativo, no genera sanciones.	2
Secundario	Causa impacto ambiental, requiere control de la empresa, no genera sanciones económicas.	3
Grave	Causa impacto ambiental, requiere control tanto de la empresa como agentes externos, genera sanciones económicas.	4
Muy Grave	Causa impacto ambiental significativo, con grandes sanciones económicas por incumplimiento legal.	5

Tabla de nivel de valoración para consecuencias operacionales

Nivel	Definición	Valor
No afecta	No tiene incidencia sobre el servicio al cliente y por ende las consecuencias operacionales de los sistemas de la cámara fría.	1
Insignificante	Tiene poca incidencia sobre la cámara fría y sus sistemas, pero sin afectar las condiciones de operación de equipos asociados.	2
Secundario	Tiene más incidencia sobre el funcionamiento de la cámara fría, afectando condiciones operacionales de los sistemas de los equipos.	3
Grave	Afecta las condiciones operacionales del sistema de la cámara fría.	4
Muy Grave	Genera daño en los sistemas más importantes que están directamente relacionado con el funcionamiento de los equipos.	5

Anexo 9. Continuación...

Tabla de nivel de valoración para consecuencias no operacionales

Nivel	Definición	Valor
No afecta	No se requiere de repuestos ni mano de obra fuerte de la entidad.	1
Insignificante	Los repuestos son de bajo costo, fáciles de adquirir y se generan bajos costos en mano de obra.	2
Secundario	Los repuestos son de mediano costo, difíciles de conseguir y el costo de la mano de obras significativo.	3
Grave	Los repuestos son de alto costo, se demoran en conseguir y la mano de obra es muy costosa.	4
Muy Grave	Los repuestos son de muy alto costo, se demoran en conseguir más de tres meses y el costo de mano de obra es altísimo.	5

Tabla de nivel de valoración para consecuencias del Índice de consumo de la energía eléctrica

Escala	Definición	Valor
No afecta	No requiere	1
Insignificante	$IC \leq 1.33$	2
Secundario	$1.34 < IC < 1.56$	3
Grave	$1.57 < IC < 1.79$	4
Muy grave	$IC \geq 1.8$	5

Para la valoración total de la consecuencia que genera la presencia de cada causa de falla, se le asigna un peso (determinado por el Método de ordenación simple) a cada tipo de consecuencias, para luego multiplicar la valoración de cada consecuencia por el peso asignado a cada tipo de consecuencia y luego se realiza la sumatoria de estas multiplicaciones y se halla el valor total de las consecuencias por causa.

Anexo 9. Continuación...

Se consideran los mismos expertos seleccionados en la fase 1, los cuales se plantean las siguientes hipótesis:

Ho: No existe concordancia entre las opiniones emitidas por los expertos en cuanto al orden de prioridad de las consecuencias

H1: Existe concordancia entre las opiniones emitidas por los expertos en cuanto al orden de prioridad de las consecuencias

Consecuencias	Expertos					Valor del Orden	Wd
	E1	E2	E3	E4	E5		
Operacionales	4	4	4	4	4	2	0.13
No operacionales	5	5	5	5	5	1	0.066
Seguridad Física	1	1	1	1	1	5	0.33
Medio ambiente	2	2	2	2	2	4	0.26
Índice de consumo de energía eléctrica	3	3	3	3	3	3	0.2
Total						15	

Tabla con el peso de cada consecuencia

Consecuencia	Peso
Operacionales	0.13
No operacionales	0.066
Seguridad Física	0.33
Medio ambiente	0.26
Índice de consumo de energía eléctrica	0.2

Las estimaciones de las consecuencias se realizan a las causas de los fallos como se muestra a continuación:

$$Ci = \sum (pi \times Ei)$$

Ecuación para estimar las consecuencias de cada causa de fallo.

Anexo 9. Continuación...

Compresores

Causa de fallo 5A1	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total	Causa de fallo 5B2	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total
	SF	1	0.13	0.13		SF	2	0.13	0.26
	MA	2	0.066	0.132		MA	2	0.066	0.132
	O	4	0.33	1.32		O	5	0.33	1.65
	NO	4	0.26	1.04		NO	5	0.26	1.30
	ICEE	4	0.2	0.8		ICEE	3	0.2	0.6
	Total (Ci)			3.422				Total (Ci)	3.942

Causa de fallo 5C3	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total	Causa de fallo 5D4	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total
	SF	1	0.13	0.13		SF	2	0.13	0.26
	MA	3	0.066	0.198		MA	2	0.066	0.132
	O	5	0.33	1.65		O	4	0.33	1.32
	NO	4	0.26	1.04		NO	3	0.26	0.78
	ICEE	2	0.2	0.4		ICEE	1	0.2	0.2
	Total (Ci)			3.418				Total (Ci)	2.692

Válvula

Causa de fallo 8A1	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total	Causa de fallo 8B2	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total
	SF	1	0.13	0.13		SF	2	0.13	0.26
	MA	1	0.066	0.066		MA	2	0.066	0.132
	O	5	0.33	1.65		O	4	0.33	1.32
	NO	3	0.26	0.78		NO	3	0.26	0.78
	ICEE	3	0.2	0.6		ICEE	3	0.2	0.6
	Total (Ci)			3.226				Total (Ci)	3,092

Causa de fallo 8C3	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total	Causa de fallo 8D4	Consecuencia	Valor (Ei)	Peso (pi)	Total
	SF	1	0.13	0.13		SF	1	0.13	0.13
	MA	2	0.066	0.132		MA	2	0.066	0.132
	O	2	0.33	0.66		O	4	0.33	1.32
	NO	2	0.26	0.52		NO	3	0.26	0.78
	ICEE	2	0.2	0.4		ICEE	2	0.2	0.4
	Total (Ci)			1.842				Total (Ci)	2.762

Anexo 10. Tablas para la determinación de la frecuencia y la detección.

Tabla de frecuencia

Ranking	Descripción	
1	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años
2	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años
3	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años
4	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año
5	Constante	Más de 10 casos al año

Tabla de detección

Ranking	Descripción	
1	Siempre o casi siempre	Siempre hay probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles es seguro que se detecta la existencia de una deficiencia o un defecto.
2	Muy alto	Muy alta probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles es casi seguro que se detecta la existencia de una deficiencia o un defecto.
3	Alto	Alta probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles se tiene una buena posibilidad de detectar la existencia de una deficiencia o un defecto.
4	Moderado	Probabilidad moderada de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles es probable detectar la existencia de una deficiencia o un defecto.
5	Bajo	Baja probabilidad de que el defecto se detecte. Por medio de verificaciones y/o controles no es probable detectar la existencia de una deficiencia o un defecto.

Anexo 11. Determinación de las acciones de mejora para el compresor.

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:								Acciones de mejoras	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado estimado			
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:														
No.	Causa del fallo	Probabilidad de las consecuencias					Gravedad del fallo					Probabilidad de detección					Evaluación del riesgo									
		N A	I	S	G	M G	R	O	M	F	C	S	M A	A	M	B	B	M	A							
5A1	Problemas de arranque				x				x			x						x		Reajustar a valores correctos el Presostatos. Rebobinar o sustituir motor.	Mecánico de refrigeración	Mensual	2.8	2	1	
5B2	Funcionamiento irregular				x					X		X							x	Verificar fugas, corregirlas, completar carga de refrigerante. Revisar, corregir, desobstruir o sustituir para poner en funcionamiento.	Mecánico de refrigeración	Mensual	3.7	2	2	
5C3	Presiones de trabajo demasiadas elevadas o demasiadas bajas			x						x		X							x	Aumentar el flujo de aire o agua. Limpiar las tuberías de agua. Hacer mantenimiento mayor al compresor.	Mecánico de refrigeración	Mensual	3.4	3	1	
5D4	Ruido en el sistema				x				x			x						x		Verificar alineación y apretar tornillos de acoplamiento. Hacer mantenimiento mayor al compresor. Sustituir cojinetes. Sujetar la tubería firmemente con anclajes que limiten la vibración.	Mecánico de refrigeración.	Mensual	2.6	2	1	

Anexo 11. Determinación de las acciones de mejora para la válvula

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:							Acciones de mejoras	A realizar por	Intervalo inicial	NPR mejorado estimado				
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:														
No.	Causa del fallo	Probabilidad de las consecuencias					Gravedad del fallo					Probabilidad de detección					Evaluación del riesgo									
		N A	I	S	G	M G	R	O	M	F	C	S	M A	A	M	B	B	M	A							
8A1	La válvula solenoide no abre				X				X			X						X		Verificar si la válvula está abierta o cerrada. 1) Utilizar un detector magnético. 2) Levantar la bobina y verificar continuidad.	Mecánico de refrigeración	Mensual	2.8	2	1	
8B2	La válvula solenoide no se abre o se abre parcialmente				X				X			X							X	1) Verificar las especificaciones de la válvula y la presión diferencial. 2) Cambiar por válvula correcta.	Mecánico de refrigeración	Mensual	2.7	3	2	
8C3	La válvula solenoide emite ruidos			X				X			X					X				1) Verificar los datos técnicos de la válvula. 2) Verificar las condiciones de presión y flujo. 3) Cambiar por válvula correcta. 4) Verificar la instalación en general	Mecánico de refrigeración	Mensual	1.5	2	1	
8D4	Bobina quemada (la bobina está fría con tensión).				X				X			X							X	1) Cambiar por una bobina correcta, si es el caso. 2) Cambiar partes defectuosas.	Mecánico de refrigeración	Mensual	2.7	3	2	