

Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas
Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial



Trabajo de Diploma

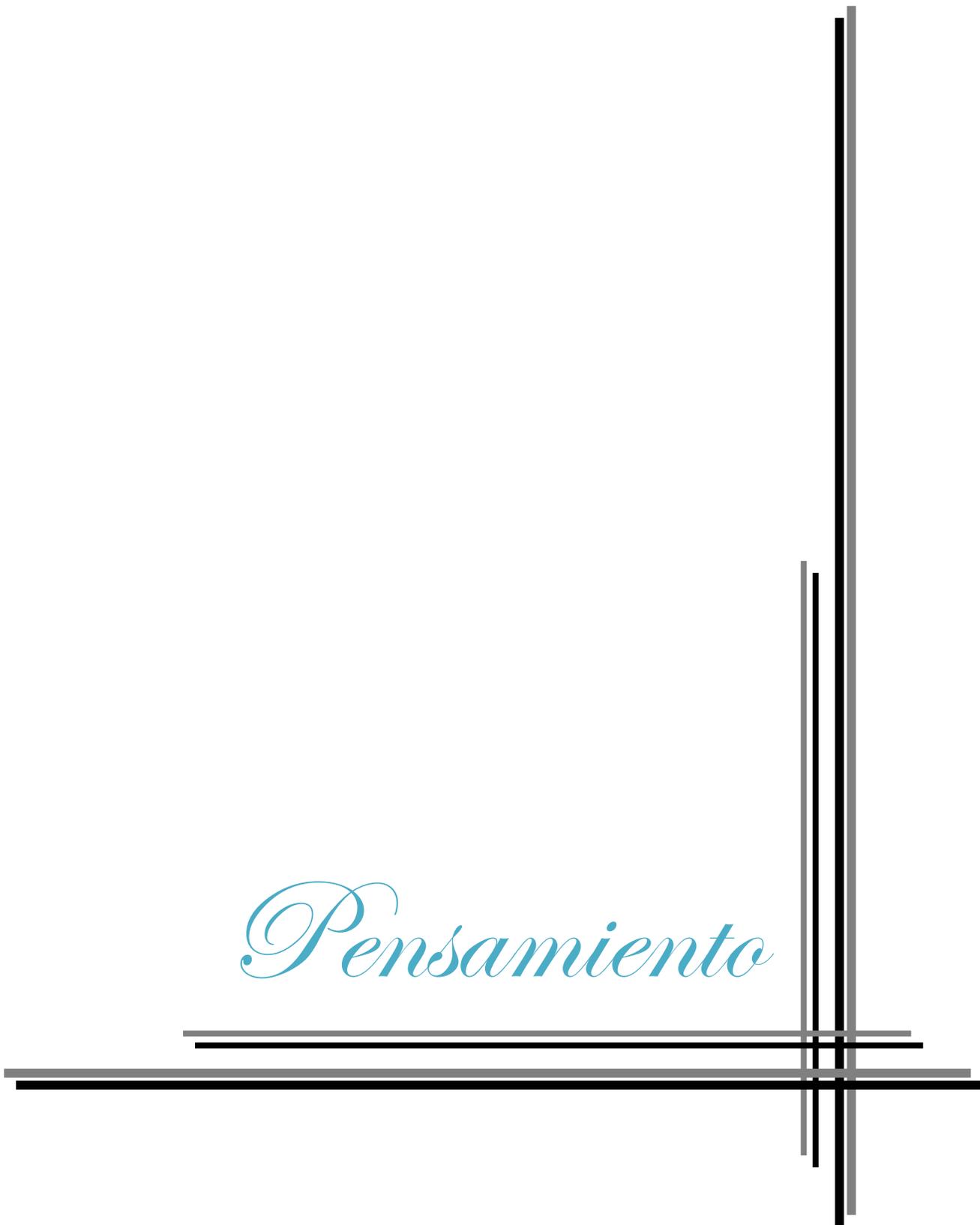
Título: Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de cocina en el Hotel Cayo Santa María de Villa Clara.

Autor: Roxana Machado Cárdenas

Tutor: Dr.C. Ing.Aramis Alfonso Llanes

2016-2017

Pensamiento



*Ningún examen te define, ningún resultado determina tu futuro,
ningún puntaje te delimita, ninguno de ellos te puede quitar el
sueño de ser lo que tú quieres ser.*

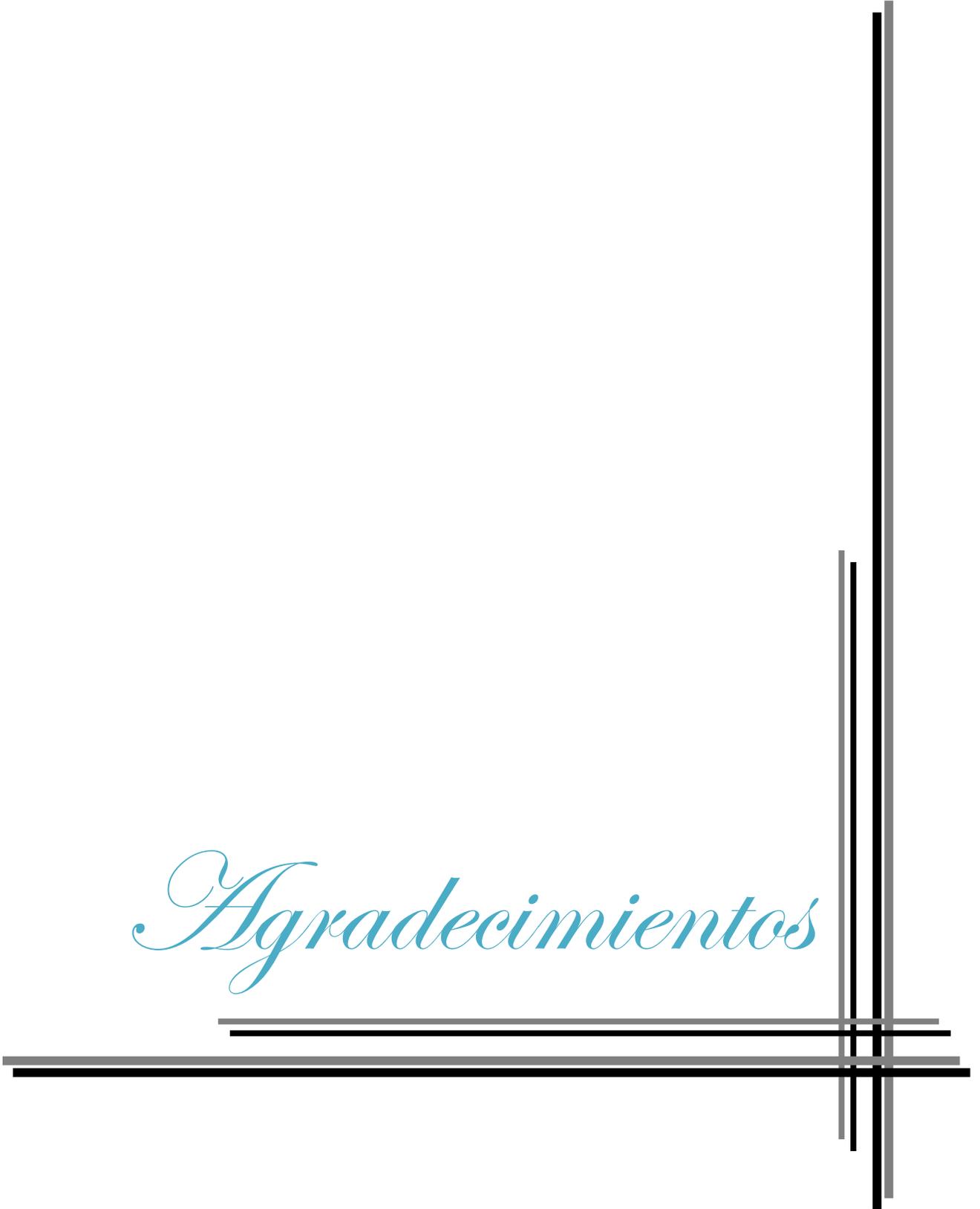
Paulo Coelho

Dedicatoria



A mi mamá, mi papá y mi hermana por el apoyo incondicional, por todo el esfuerzo porque yo saliera adelante y por todo su amor. Son lo mejor que me pudo haber pasado en el mundo gracias a ustedes hoy cumplo mi sueño.

Agradecimientos



A mi tutor: Aramis Alfonso Llanes por toda su dedicación y atención, sin él éste trabajo no sería posible.

A la jefa de servicios técnicos Marieta, la coordinadora Miriam y al energético Ángel Claro por entregarme con mucho esmero toda la información y su apoyo para lo que hiciera falta.

A la brigada de clima como Reinier, al electricista Yadriel y al telemático Oreste por prestarme atención y ayudarme con la tesis.

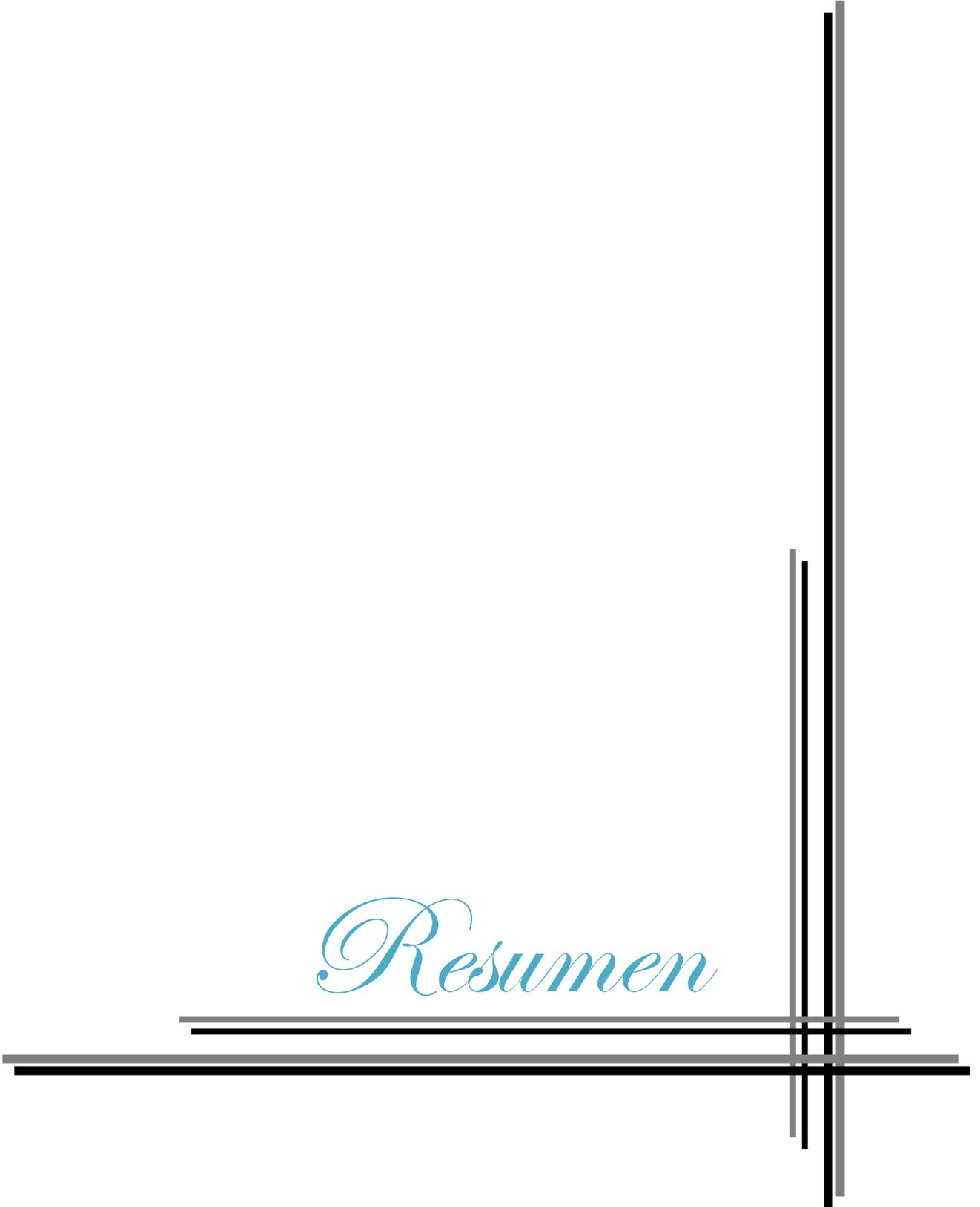
A Camilo, Geiquel, Jaime, Asiel, Sariel, Andriel, Alfonso, Riego, Ovadis y Addiel por brindarme su amistad y apoyo en estos meses tan lindos que he vivido.

A todos los trabajadores del hotel Cayo Santa María que de una forma u otra me ayudaron.

A todos mis compañeros de la UCLV por vivir junto a ellos estos cinco años inolvidables en especial a Beatriz Fuentes, Yesenia, Beatriz Lara, Carlitos, Yandy, Manuel, a todos, de corazón:

Muchas Gracias.

Resumen

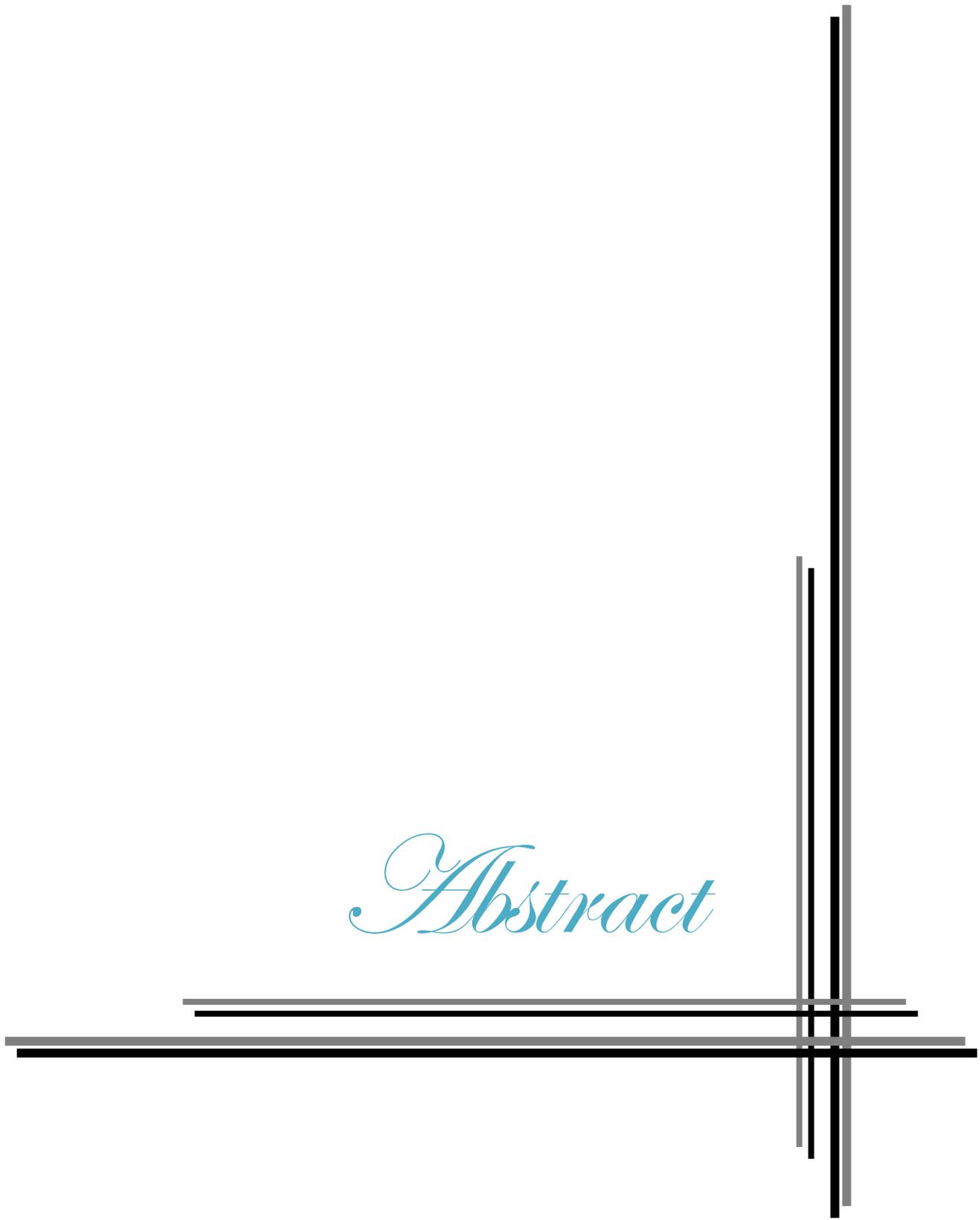


RESUMEN

La selección de las acciones encaminadas a mitigar los riesgos existentes en los diferentes procesos desarrollados en las empresas ha sido un tema de estudio que ha tomado mucho auge en la actualidad. En este sentido, la presente Tesis muestra un procedimiento que permite definir acciones de mejora en el proceso de Gestión de mantenimiento para el equipamiento de cocina del Hotel Cayo Santa María perteneciente a la Dirección Territorial Centro de Gaviota S.A. localizada en Villa Clara, en función de la combinación de los elementos característicos del Análisis de riesgo.

La tesis contiene una revisión bibliográfica que aborda las generalidades sobre la Gestión de mantenimiento, el Análisis de riesgo, las técnicas más utilizadas para estos fines, así como el Mantenimiento Basado en el Riesgo. Finalmente, la aplicación práctica del procedimiento seleccionado al equipamiento de cocina del hotel objeto de estudio práctico de la investigación, permitió definir las acciones preventivas a aplicar para mitigar el riesgo asociado a cada modo de fallo, el responsable de su realización y la frecuencia de la ejecución de las mismas. Todo ello ofrece solución al problema de la investigación.

Abstract

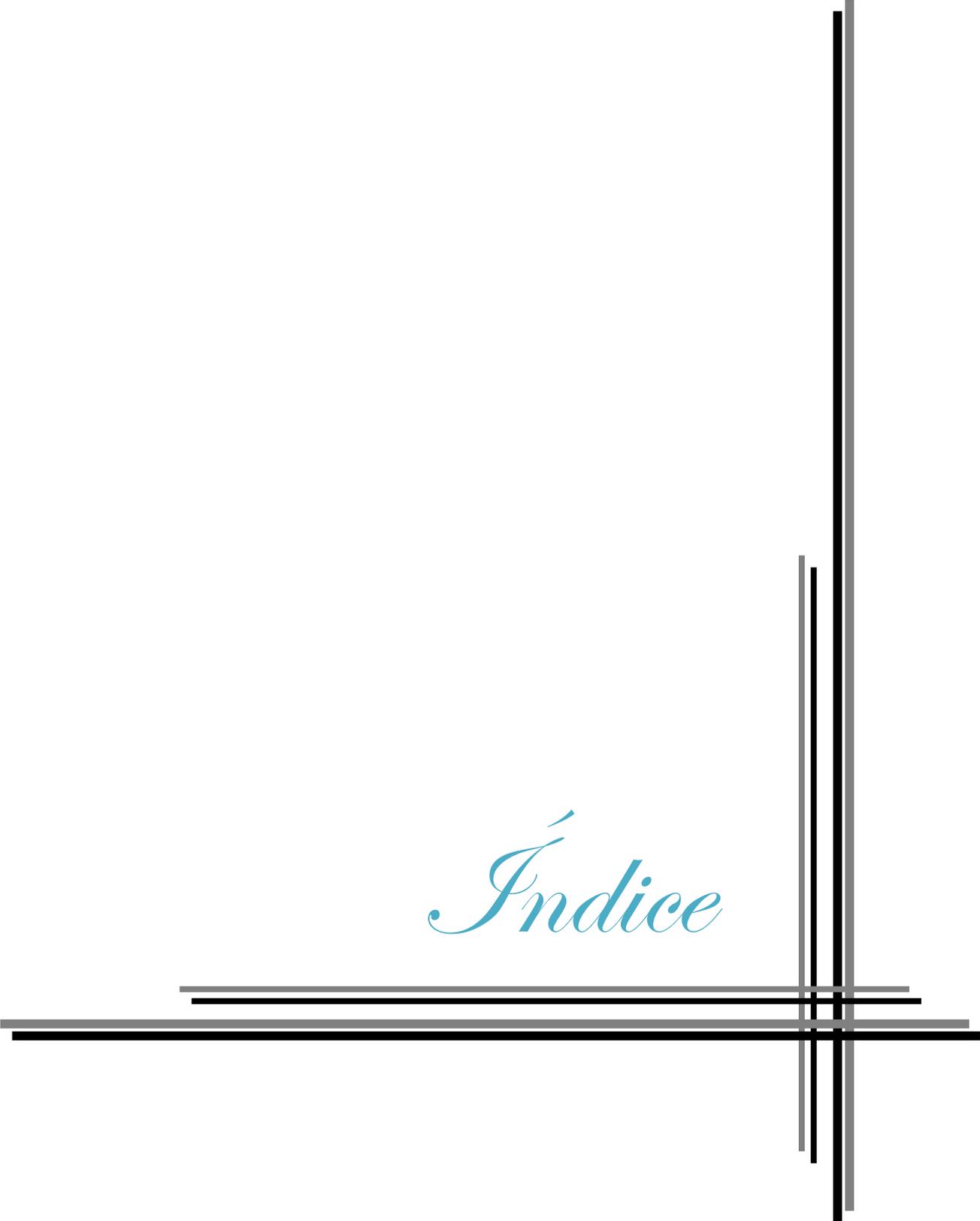


ABSTRACT

The selection of the actions guided to mitigate the existent risks in the different processes developed in the companies has been a study topic that he/she has taken a lot of peak at the present time. In this sense, the present Thesis shows a procedure that allows to define actions of improvement in the process of maintenance Administration for the equipment of kitchen of the Hotel Cayo Santa María belonging to the Address Territorial Center of Gaviota located in Villa Clara, in function of the combination of the characteristic elements of the Analysis of risk.

The thesis contains a bibliographical revision that approaches the generalities on the maintenance Administration, the Analysis of risk, the techniques more used for these ends, as well as the Based Maintenance in the Risk. Finally, the practical application of the procedure selected to the equipment of kitchen of the hotel object of practical study of the investigation, allowed to define the preventive actions to apply to mitigate the risk associated to each failure way, the responsible for its realization and the frequency of the execution of the same ones. Everything offers solution to the problem of the investigation.

Índice

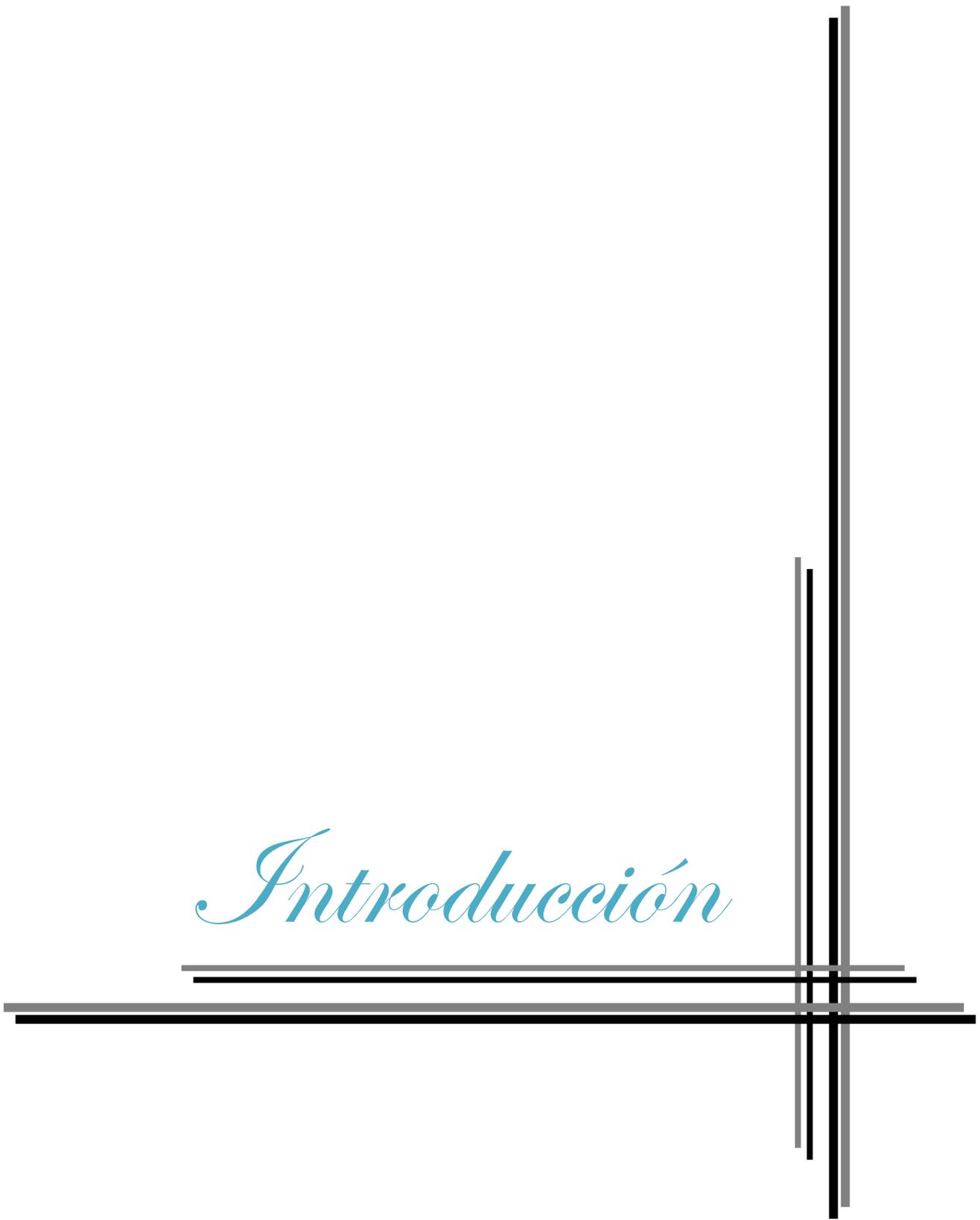


ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
1.1. Gestión del mantenimiento	10
1.1.1. Evolución del mantenimiento	12
1.1.2. Proceso de administración del mantenimiento.....	15
1.2. Sistemas de mantenimiento y su filosofía	18
1.2.1. Sistema alternativo de mantenimiento (SAM)	19
1.2.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC).....	19
1.2.3. Mantenimiento productivo total (MPT)	20
1.2.4. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)	21
1.2.5. Mantenimiento centrado en el negocio (MCN).....	21
1.2.6. Sistema de mantenimiento esbelto (Lean Maintenance).....	22
1.3. Tipos de mantenimiento	23
1.3.1. La selección de la política de mantenimiento a aplicar en la empresa	24
1.3.2. Aspectos generales sobre la selección del tipo de mantenimiento en Cuba	25
1.4. Generalidades sobre el Análisis de riesgo.....	26
1.4.1. Análisis de riesgo y definiciones matemáticas	28
1.4.2. Técnicas para la identificación y/o evaluación de riesgos	30
1.5. Generalidades sobre el Mantenimiento basado en el riesgo.....	35
1.5.1. Mantenimiento basado en el riesgo en Cuba.....	37
1.6. Conclusiones parciales.....	38
CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADO EN ELEMENTOS DE ANÁLISIS DE RIESGO	39
2.1. Descripción general del procedimiento para la toma de decisiones vinculada a la selección del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento de la cocina en el Hotel “Cayo Santa María”	39

2.2. Caracterización del Hotel “Cayo Santa María”	41
2.2.2. Deficiencias principales del sistema de mantenimiento actual	44
2.3. Aplicación práctica del procedimiento seleccionado	46
2.3.1. Fase 1: Inicio o preparación.....	46
2.3.2. Fase 2: Realizar el levantamiento de los riesgos	46
2.3.3. Fase 3: Realizar el análisis de riesgo	46
2.3.4. Fases 4 y 5: Evaluación de riesgos y determinación de las acciones de mantenimiento	49
2.4. Conclusiones parciales.....	50
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

Introducción



INTRODUCCIÓN

El desarrollo del turismo en Cuba depende de 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.

La actividad de mantenimiento ha emergido como una sofisticada disciplina que combina técnicas de gestión, organización y planeamiento con aplicaciones ingenieriles de avanzada, pasando a ser de una actividad reactiva a una concepción con enfoque proactivo, debido a que los paros imprevistos son cada vez más costosos con una considerable dosis de quebranto de credibilidad que se refleja en pérdida de mercado (Acosta Palmer, 2012; Parra Marquez, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Sosa Martínez, 2016; Truong, 2017).

Según Espinosa Fuentes (2013), Dumaguala Encalada (2014), De la Paz Martínez (2015) 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.

La naturaleza de los procesos industriales y operacionales, donde se incluye la función de mantenimiento, implican riesgos de accidentes, que deben identificarse y evaluarse para implantar las medidas que eviten la ocurrencia de los mismos o que minimicen las consecuencias asociadas a dichos riesgos (Espinosa Fuentes, 2006; Lust, 2009; Cotts, 2010). El constante incremento del costo de equipos, primas de seguros, además de posibles pérdidas humanas por incidentes, ha aumentado el ímpetu de la industria hacia objetivos de prevención de riesgos (Gutiérrez, 2015; Santos Rubio and Bautista-Paloma, 2016). El análisis de riesgo es uno de los elementos fundamentales a tomar en cuenta en las empresas ya que puede traer consecuencias dañinas al entorno empresarial, a la comunidad y al planeta. Habiendo ya identificado y clasificados los riesgos, pasamos a realizar el análisis de los mismos, es decir, se estudian la posibilidad y las consecuencias de cada factor de riesgo con el fin de establecer el nivel de riesgo de nuestro proyecto (Muñoz, 2013; Rodríguez Díaz,

2014). El análisis de los riesgos determinará cuáles son los factores de riesgo que potencialmente tendrían un mayor efecto sobre nuestro proyecto y, por lo tanto, deben ser gestionados por el emprendedor con especial atención (Gutiérrez, 2015; Dickerson, 2016; Pérez González, 2016).

El mantenimiento basado en el riesgo, es una técnica cuantitativa de análisis basado en la economía, establece el valor relativo de las distintas tareas de mantenimiento y sirve como herramienta de mejora continua. Este tipo de mantenimiento determina las oportunidades de mejora incremental, eliminando las tareas de bajo valor e introduciendo tareas dirigidas a los aspectos de alto riesgo comercial (Moreno Escudero, 2010; Kiran, 2016). El mantenimiento basado en el riesgo evalúa el riesgo comercial actual y analiza los costos y beneficios de las medidas para mitigar los fallos, además de su mayor sencillez de aplicación, lo que hace que se aplique con éxito (Peña Vasconcellos, 2015).

En Cuba, tradicionalmente, el mantenimiento ha sido considerado como una actividad auxiliar, postergado a un segundo plano y aislado del resto de las áreas estratégicas de la empresa; además se ha minimizado su efecto decisivo en variables que definen la competitividad empresarial como el costo, el tiempo de entrega y la calidad (Hernández Alfonso, 2017). El Perfeccionamiento Empresarial ha buscado introducir procesos de cambio en todas las esferas de actuación de las organizaciones y bajo estas condiciones emerge el mantenimiento industrial como un proceso con potencialidades para influir positivamente en la competitividad de las empresas (Alfonso Llanes, 2009; Aguilar de Oro, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Pérez González, 2016).

A partir del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) en abril del 2011, se ponen en vigor los lineamientos que regirán la política económica y social del país, donde se trata el mantenimiento en 16 de ellos. Los lineamientos 15, 16, 59, 81, 110, 117, 198, 209 y 218 proponen como objetivos fundamentales (PCC, 2011):

- ✓ Priorizar la actividad del mantenimiento en el país.
- ✓ Aumentar la fabricación y recuperación de piezas de repuesto.
- ✓ Potenciar los servicios de reparación y mantenimiento.
- ✓ Vincular el mantenimiento y las reparaciones con el uso eficiente de la energía.
- ✓ Cumplir con los planes y metas con eficiencia.
- ✓ Mostrar sostenidamente sus balances financieros eliminando sus pérdidas.
- ✓ Garantizar las actividades previstas sin afectar la calidad.
- ✓ Planificar y ejecutar con prioridad las inversiones hacia los equipos más importantes.
- ✓ Fomentar una adecuada infraestructura técnica.

✓ Potenciar la capacidad de diseño del equipamiento.

En el año 2016 a partir del VII Congreso del PCC, se presentan el Proyecto de Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y el Proyecto Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, en el cual se aborda sobre el mantenimiento lo siguiente (PCC, 2016):

✓ Materializar un eficiente funcionamiento mediante el mantenimiento a los medios de producción.

✓ Planificar la actividad de mantenimiento para la disponibilidad de los equipos.

✓ Realizar el control, en especial de tipo preventivo para posibilitar la corrección de desviaciones, efectuar oportunamente los reajustes necesarios y la adopción de las medidas pertinentes.

✓ Recuperar, preservar, modernizar y ampliar en general la infraestructura.

✓ Estimular la participación de la inversión extranjera y nacional en el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura del país.

✓ Fomentar el desarrollo de reparación y mantenimiento de forma tal que contribuya a la competitividad, la calidad y a la reducción de costos.

Esta nueva situación ha creado la necesidad de convertir las empresas cubanas en organizaciones flexibles, capaces de adaptarse a los constantes cambios a partir del incremento de sus capacidades de respuesta a las nuevas condiciones del entorno. Muchos servicios de mantenimiento funcionan con resultados inciertos y a un costo resultante elevado, incluyendo no solo el dinero invertido, sino también, el esfuerzo del personal, horas extras realizadas en forma habitual, mayor cantidad de materiales y repuestos, en definitiva, la falta de objetivos estables, claros y conocidos encarece la gestión del área según (Rodríguez Machado, 2012; Velázquez Pérez, 2014; Martínez Hernández, 2014; De la Paz Martínez, 2015; Llerena Morera, 2016; Sosa Martínez, 2016).

Infortunadamente, la realidad es otra, con frecuencia ocurren averías imprevistas, los equipos instalados pierden su capacidad, no se cuenta con soporte de equipos de respaldo o un inventario lógico de partes en almacén o con personal capacitado, bien dirigido y con procedimientos claros para atender los equipos. Todo esto lleva a pérdidas de la calidad requerida, deterioro, obsolescencia del equipo, baja satisfacción del cliente, pérdida de ingresos, aumento de los gastos, disminución del valor del patrimonio. Por lo que el mantenimiento constituye una pieza clave para el correcto funcionamiento de la empresa (Rodríguez Díaz, 2014).

El Hotel Cayo Santa María situado en el municipio de Caibarién, provincia de Villa Clara, entidad subordinada a la Delegación Territorial Centro de Gaviota S.A, tiene como objetivo la prestación de servicios hoteleros y turísticos con la finalidad de brindar un producto con calidad al mercado, rigiéndose por las definiciones y principios generales previstos en la Resolución No. 134 de 30 de abril de 2013 del Ministro de Economía y Planificación. En el hotel, el mantenimiento que se aplica a todos los equipos por igual incluye tareas preventivas y correctivas, basadas en un plan de Mantenimiento Preventivo Planificado según lo planteado en el Manual de Servicios Técnicos referenciado por Grupo de Turismo Gaviota S.A (2011). Las actividades de mantenimiento que se realizan al equipamiento según este Manual no responden completamente a las condiciones cambiantes y a la confiabilidad requerida en los equipos. A continuación, se presentan las limitantes fundamentales del sistema de mantenimiento definido según el Manual de Servicios Técnicos de Gaviota S.A. y sus consecuencias para el desempeño del equipamiento:

- No está actualizado acorde a las tendencias actuales del mantenimiento a nivel mundial (mantenimiento predictivo, el SAM el RCM, MBR, etc.).
- Establece el mismo nivel de prioridad a todos los equipos, sin tener en cuenta el contexto operacional al que están sometidos.
- No se valoran las consecuencias de las roturas (fallos), ni los costos que se generan por no producción (afectación al servicio).

Lo anterior ha traído las consecuencias siguientes:

- Incremento de la estadía del equipamiento productivo. En el año 2015 la estadía promedio fue de 4,6 h y en el 2016 esta aumentó a 7,1 h.
- Sobregiro en el presupuesto de gastos de mantenimiento en un 8,33%, equivalente a 21 000 CUC; debido, fundamentalmente, a que se realizan intervenciones innecesarias a los equipos por encontrarse planificadas según el sistema instaurado en el hotel.

Lo anteriormente expuesto caracteriza la **situación problemática** que originó la presente investigación y conduce al **problema de investigación** siguiente: ¿Cómo garantizar el mejoramiento del desempeño en el mantenimiento del equipamiento de cocina del Hotel Cayo Santa María?

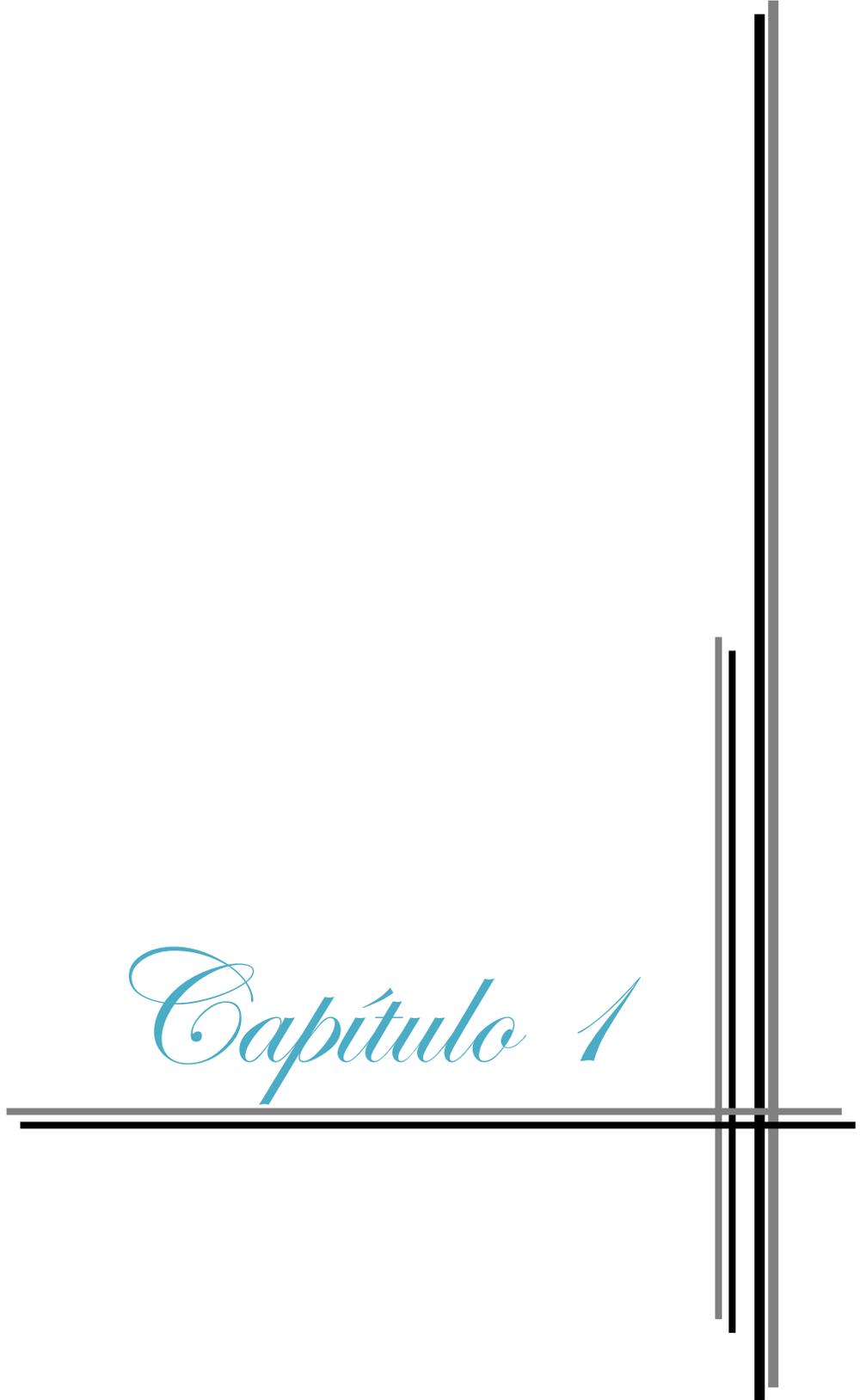
El **objetivo general** de la investigación consiste en: definir las acciones de mantenimiento para el equipamiento de cocina del Hotel Cayo Santa María a partir de la filosofía del Mantenimiento Basado en Riesgo. Para alcanzar el objetivo general antes expuesto se proponen los **objetivos específicos** siguientes:

1. Seleccionar el procedimiento a aplicar para determinar las acciones de mantenimiento más adecuadas para el equipamiento de cocina del Hotel Cayo Santa María basado en la filosofía del Mantenimiento Basado en Riesgo, a partir del análisis de los elementos principales identificados en el marco teórico-referencial de la investigación.
2. Implementar el procedimiento seleccionado para definir las acciones de mantenimiento de los equipos de cocina del Hotel Cayo Santa María basado en la filosofía del Mantenimiento Basado en Riesgo.

El **valor social** de la investigación radica en la contribución a la mejora del desempeño de los procesos productivos, en un elevado servicio a los clientes, disminución del número de roturas del equipamiento y al manejo adecuado de sus activos durante todo su ciclo de vida, unido a una mayor eficiencia, productividad y capacidad de generación de ingresos. El **aporte práctico** radica en la factibilidad y pertinencia demostrada de poder implementar el procedimiento propuesto, con resultados satisfactorios y de perspectiva alentadora para su continuidad, en el objeto del estudio práctico seleccionado. El **valor económico** radica en la reducción de los costos de mantenimiento y disminución de la estadía de los equipos al eliminar las paradas en la producción y las pérdidas ocasionadas por ellas, lo que se refleja en una disminución de los costos de producción y por ende en un aumento de las utilidades de la empresa.

En la investigación se desarrollan los objetivos planteados mediante la estructura siguiente: el Capítulo I recoge toda la fundamentación teórica de la investigación para llegar a una conceptualización de las definiciones, elementos y tendencias principales del campo objeto de estudio y en el Capítulo II se ilustra la caracterización general del Hotel Cayo Santa María y la aplicación de la propuesta en la empresa objeto de estudio; además, se incluyen un grupo de conclusiones y recomendaciones que resaltan los principales resultados obtenidos en la investigación y que contribuye al desarrollo de trabajos futuros. 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 1



CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

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 y el Análisis de riesgos que serán de utilidad para la elaboración y comprensión del trabajo en cuestión, pues constituyen la base teórica para la realización del mismo. Este capítulo enfatiza el valor y el significado en lo teórico-práctico que tiene la determinación de los tipos de mantenimiento que se les puede dar a los diferentes equipamientos de la organización teniendo en cuenta un análisis de los riesgos y fallos. En la figura 1.1 se muestra la secuencia seguida para la elaboración del marco teórico referencial de la presente investigación.

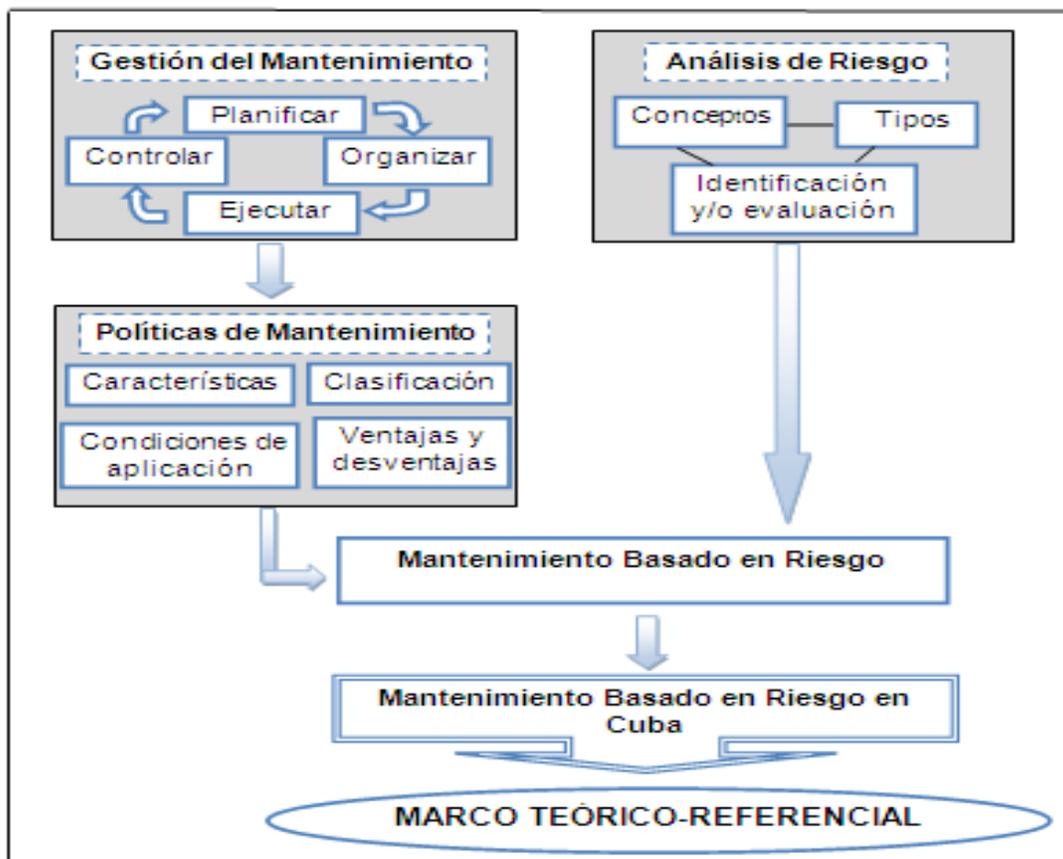


Figura 1.1. Hilo conductor del marco teórico-referencial.

1.1. Gestión del mantenimiento

Un componente decisivo en el logro de una gestión adecuada del mantenimiento en las empresas resulta la adopción del sistema de mantenimiento más efectivo, que le permite a las organizaciones un incremento en la confiabilidad y disponibilidad del equipamiento, y una reducción de los costos. Resulta importante aclarar que la gestión de mantenimiento recae en el individuo, sección, departamento o subdirección que se encarga de dirigir la organización del

mantenimiento y está comprometido con el cumplimiento de las funciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos.

Se pueden encontrar infinidad de definiciones para el concepto de mantenimiento según los criterios de cada autor. Varios son los estudios realizados (Alfonso Llanes, 2009; Mora Gutiérrez, 2009; León Márquez, 2012; Mora Gutiérrez, 2012; Rodríguez Machado, 2012; Velázquez Pérez, 2014; De la Paz Martínez, 2015; Mostafa, 2015) en los cuales se hace 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.

En la literatura especializada han sido tratados indistintamente los tipos de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y sistemas (Borroto Pentón, 2005; Gutiérrez, 2007; Rodríguez Díaz, 2014; Sosa Martínez, 2016). El término “tipo de mantenimiento” estará referido a la forma de ejecutar dicha actividad en un equipo o grupo de ellos, mientras que el término “sistema de mantenimiento” se encuentra vinculado a la filosofía utilizada para gestionar el mantenimiento a nivel de empresa u organización.

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 (Stefano, 2006; Parra Márquez, 2012; Rodríguez Machado, 2012; Velázquez Pérez, 2014; De la Paz Martínez, 2015; Olives Masip, 2015; Llerena Morera, 2016).

Durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben 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, al uso de nuevos métodos de mantenimiento, y a la existencia de una óptica cambiante en la organización de esta actividad y sus responsabilidades (Mora Gutiérrez, 2009; Wang, 2010; Sosa Martínez, 2016; Truong, 2017). Se hace necesario el análisis del papel protagónico que desempeña en una organización, incidiendo en diversos factores como costo

de producción, calidad del producto o servicio, capacidad operacional, capacidad de la empresa como un ente organizado, seguridad e higiene industrial, calidad de vida del personal y útil del equipo e imagen y seguridad ambiental (Roy, 2016; Sosa Martínez, 2016; Truong, 2017).

Se considera que la definición de Gestión del mantenimiento es una de las más completas y abarcadoras al exponer que: 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).

1.1.1. Evolución del mantenimiento

Durante los últimos años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben 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, al uso de nuevos métodos de mantenimiento, y a la existencia de una óptica cambiante en la organización de esta actividad y sus responsabilidades (Mora Gutiérrez, 2009; Wang, 2010; Rodríguez Machado, 2012; De la Paz Martínez, 2015; Chávez Salazar, 2016). El desarrollo vertiginoso de la tecnología ha planteado la necesidad de cambiar las filosofías tradicionales de trabajo y ha propiciado la aparición de una visión que pondera los resultados del mantenimiento en logro de la competitividad empresarial. Varios autores (Moubray, 2004; Amaris Arias, 2006) consideran los cambios acontecidos a través de tres generaciones, las cuales representan cómo han venido creciendo las expectativas respecto al desempeño del mantenimiento, la visión de la naturaleza de los fallos, del equipamiento y las mejores prácticas utilizadas en una época determinada; sin embargo, existe un grupo de autores (García González-Quijano, 2004; González Fernández, 2007) referenciados en Alfonso Llanes (2009) plantean que a los desarrollos en la tercera generación del mantenimiento se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías, de tal forma que ya se podía catalogar como una cuarta generación del mantenimiento. Otros autores (García Garrido, 2010; Martínez Monseco, 2013) ya hablan de una quinta generación. A continuación, se detallan las características fundamentales de cada una de las generaciones a través de las cuales se ha venido desarrollando el mantenimiento.

Primera generación

La primera generación cubre el período 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. Además, al

ser maquinaria muy simple y normalmente sobredimensionada, los equipos eran muy fiables y fáciles de reparar, por lo que no se hacían revisiones sistemáticas salvo las rutinarias de limpieza y lubricación. El único mantenimiento que se realizaba era el de “Reparar cuando se averíe”. La primera generación tuvo como objetivo principal: reparar cuando se rompiera. Esto limitaba solamente a realizar un mantenimiento correctivo (Díaz Cajas, 2008; Rodríguez Machado, 2012; Castellanos López, 2015).

Segunda generación

La Segunda Guerra Mundial provocó un fuerte aumento de la demanda de toda clase de bienes. Este cambio unido al acusado descenso en la oferta de mano de obra que causó la guerra, aceleró el proceso de mecanización de la industria. Conforme aumentaba la mecanización, la industria comenzaba a depender de manera crítica del buen funcionamiento de la maquinaria. Esta dependencia provocó que el mantenimiento se entrara en buscar formas de prevenir los fallos y por tanto de evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas. Con este nuevo enfoque del mantenimiento, apareció el concepto de mantenimiento preventivo. En la década de los 60, éste consistía fundamentalmente en realizar revisiones periódicas a la maquinaria a intervalos fijos. Además, se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento con el objetivo de controlar el aumento de los costes de mantenimiento y planificar las revisiones a intervalos fijos. La segunda generación perseguía como objetivos: mayor disponibilidad de la planta, mayor vida de los equipos, menor costo. Lo que generó la planificación del mantenimiento, sistemas de control para el mantenimiento y la incorporación de la informática al mantenimiento a través de grandes ordenadores (Nieto Martínez, 2015).

Tercera generación

Se inició a mediados de la década de los setenta, cuando se aceleraron los cambios a raíz del avance tecnológico y de las nuevas investigaciones. La mecanización y la automatización siguieron aumentando, se operaba con volúmenes de producción muy levados, cobraban mucha importancia los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción. Alcanzó mayor complejidad la maquinaria y aumentaba nuestra dependencia de ellas, se exigían productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolidó el desarrollo del mantenimiento preventivo.

La tercera generación centralizó sus tareas en los siguientes objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al Medio Ambiente, mayor vida de los equipos y eficiencia de costes. Dando lugar a técnicas como: monitoreo de condición, diseño basado en fiabilidad y mantenibilidad, estudios de riesgo, utilización de pequeños y

rápidos ordenadores, Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA), sistemas expertos, polivalencia y trabajo en equipo (González Rocha, 2006; Pérez Borrajo, 2014).

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; y
- un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

El nuevo enfoque 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. Asimismo, existe una preocupación creciente en la importancia de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores 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.

La cuarta 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, patrones de fallos / eliminación de los fallos. Para sustentar estos objetivos las técnicas utilizadas son las siguientes: monitoreo de condición, utilización de pequeños y rápidos ordenadores, Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA), polivalencia y trabajo en equipo/ mantenimiento autónomo, estudio fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto, Gestión del riesgo, sistemas de mejora continua, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento proactivo, eliminación del fallo, grupos de mejora y seguimiento de acciones (López García, 2013; Pérez González, 2016).

Quinta generación

Esta generación está centrada en la terotecnología. Esta palabra, derivada del griego, significa el estudio y gestión de la vida de un activo o recurso desde el mismo comienzo (con su adquisición) hasta su propio final (incluyendo formas de disponer del mismo, desmantelar, etc.). Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los

activos físicos buscando costes de ciclo de vida (CCV) económicos. Es aplicable en todo tipo de industria y proceso. El objetivo principal de su aplicación es mejorar y mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida (López García, 2013).

Combina experiencia y conocimiento para lograr una visión holística del impacto del mantenimiento sobre la calidad de los elementos que constituyen un proceso de producción, y para producir continuamente mejoras tanto técnicas como económicas. La quinta generación define como objetivos plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos (García González-Quijano, 2004; Broche Hernández, 2015; Llerena Morera, 2016).

En la tabla 1.1 se detallan algunas características de las generaciones analizadas anteriormente.

Tabla 1.1. Características principales de las generaciones de mantenimiento

Generación	Época en que aparece	Principales fundamentos
Primera generación	Desde el inicio de la Revolución Industrial	Mantenimiento correctivo puro
Segunda generación	A partir de la Segunda Guerra Mundial	Mantenimiento preventivo planificado
Tercera generación	Década de los 80	Mantenimiento predictivo o por condición, Análisis de fallo, RCM, y TPM
Cuarta generación	Década de los 90	<u>World Class Management</u> y la eficiencia en la gestión
Quinta generación	Siglo XXI	Tercera tecnología. Visión técnico económica de los activos y del costo del ciclo de vida

Fuente: García Garrido (2010), Rodríguez Díaz (2014) y Sosa Martínez (2016).

1.1.2. Proceso de administración del mantenimiento

La administración puede ser considerada como un sistema de toma de decisiones cuyo propósito es dirigir los recursos disponibles hacia el logro del objetivo de la empresa (Mora Gutiérrez, 2009; Leong, 2012). Según la ISO 9000 (2015), la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. Según Manzini (2010), se puede definir la gestión del mantenimiento como “las actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada”. Por su parte Wang (2010)

plantea que “recientes análisis sobre la efectividad de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se debe a una gestión deficiente”.

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. 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.

La gestión del mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones, dígame Planificar, Organizar, Ejecutar y Controlar. A continuación se describen las etapas que componen la administración del mantenimiento.

Planificación

La planificación del mantenimiento es el alma de todos los esfuerzos desarrollados en esta función (Tomlinsón, 2010). En ella se le debe dar respuesta a las preguntas: ¿cuándo hacerlo?, ¿con qué hacerlo? y ¿con quién hacerlo? En esta fase se definen: las acciones de mantenimiento (preventivo, correctivo) a realizar en los equipos o 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 (Hernández Milia, 2010; Fernández Llanes, 2011; León Márquez, 2012; Rivero Rodríguez, 2016). 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; Fernández Llanes, 2011; León Márquez, 2012; Pérez González, 2016). 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 (Hernández Milia, 2010).

La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros o, como es bastante común, contratar una parte y el resto ejecutarlo por medios propios, combinación conocida como mixta (Espinosa Fuentes, 2013; Rivero Rodriguez, 2016). 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 Pentón, 2005).

Evaluación y control

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 permita tomar decisiones (Leong, 2012; Norman, 2012; Brown, 2014; Yssaad, 2014; Céspedes Hernández, 2016; Rivero Rodriguez, 2016). Existen diversas formas para realizar la evaluación de la gestión del mantenimiento. Todas ellas 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 (Alfonso Llanes, 2009).

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; Sosa Martínez, 2016)..

Según la Resolución 150 (2010), los lineamientos de la política de mantenimiento en las entidades que integran el Sistema del Ministerio de Turismo reflejados en el capítulo 3, artículo 5 son los siguientes:

- Alcanzar y consolidar sistemas de gestión de mantenimiento basados en la predicción, la prevención y la eficiencia.
- Regular y controlar la elaboración y ejecución del presupuesto destinado para el mantenimiento.
- Potenciar empresas de servicios especializados para el mantenimiento.

- Asegurar que se cumplan los requerimientos de mantenibilidad, funcionabilidad, confiabilidad y seguridad en cada una de las etapas del proceso inversionista.
- Establecer estrategias en los recursos humanos para una mayor efectividad en el trabajo de mantenimiento.
- Lograr una adecuada cultura en el mantenimiento, personalizada y enfocada a la prestación de servicios de excelencia.

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 (Gestión de Activos Hoteleros, 2000; Torres Rodríguez, 2008).

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.

1.2. Sistemas de mantenimiento y su filosofía

En la literatura especializada han sido tratados indistintamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento. La decisión de aplicar uno u otro debe ser el resultado de un análisis casuístico de cada equipo o línea de fabricación procurando alcanzar la confiabilidad operacional más alta en combinación con el costo mínimo de mantenimiento (García González-Quijano, 2004; Rodríguez Díaz, 2014). En la actualidad, en aras de lograr una mejora significativa en la gestión integral del mantenimiento en las empresas, se ha desarrollado una amplia variedad de sistemas y filosofías sobre la base de los resultados y experiencias obtenidas a partir de la aplicación de los sistemas tradicionales. La selección e implementación del sistema de mantenimiento más efectivo en las organizaciones se convierte en la base para la aplicación a nivel táctico u operativo de las políticas o tipos de mantenimiento más adecuadas (Mora Gutiérrez, 2012; Espinosa Fuentes, 2014; Villada Duque, 2016). A continuación, se hará referencia a algunos de los sistemas de mantenimiento disponibles en la literatura.

1.2.1. Sistema alternativo de mantenimiento (SAM)

Es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los sistemas de mantenimiento conocidos, en calidad de subsistemas del mismo caracterizado por su flexibilidad, aplicado en la industria mecánica, ligera y especialmente en la industria textil cubana (Rodríguez Machado, 2012; Velázquez Pérez, 2014; Sosa Martínez, 2016). Estos sistemas serán aplicados a los diferentes equipos individuales o grupos homogéneos de equipos en función de sus características tecnológicas y otros elementos (De la Paz Martínez, 2006; Rodríguez Hernández, 2012; Velázquez Pérez, 2014). Las ventajas que presenta la aplicación del SAM, según De la Paz Martínez (1996) y León Márquez (2012):

- Implica la aplicación del sistema de mantenimiento más adecuado a las cantidades y características de cada equipo o línea de producción.
- Se ajusta a las circunstancias específicas de cada equipo. Se debe lograr una disponibilidad alta de los mismos.
- Los costos de mantenimiento deben reducirse, al efectuarse los trabajos solo realmente necesarios en muchos casos.
- Para los equipos más imprescindibles se garantiza un trabajo sin fallos hasta el momento en que se haya previsto que se debe ejecutar un trabajo de reparación.
- Con respecto a los equipos auxiliares o poco principales implica un importante ahorro de recursos a aplicárseles el sistema contra avería (sin que este necesariamente implique que se espere a que se rompa el equipo).
- Disminuyen las posibilidades de producirse desajustes y errores al evitar el desarme y arme de componentes con una regularidad no siempre necesaria.

1.2.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

El Reliability Centered Maintenance (RCM, por sus siglas en inglés) muestra que los conceptos del mantenimiento que hasta el momento se consideran, están implícitos en él. Se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. La implementación del RCM debe transformar a equipos en más seguros y confiables. La reducción de costos totales por la acción del mantenimiento, mejora en la calidad del producto y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente, en un proceso cíclico de mejora continua. El RCM también está asociado a beneficios humanos, como mejora en la relación entre distintas áreas de la empresa, fundamentalmente un mejor entendimiento entre las áreas de mantenimiento, producción, seguridad y la logística empresarial (Améndola, 2005; Salguero Manosalvas, 2010; Verdecia Fusté, 2010; De la Paz Martínez, 2015; Syed, 2015).

El objetivo del RCM radica en reducir al mínimo el costo por mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas y evitando acciones de mantenimiento que no son necesarias. Las ventajas principales que se van a tener con la implantación de esta filosofía de mantenimiento son (Moubray, 2004; Jaimes Pineda, 2010; Mora Gutiérrez, 2012; Igbaa, 2013; Dumaguala Encalada, 2014; Espinosa Fuentes, 2014; Mkandawirea, 2015):

- Si el RCM se aplica sobre un mantenimiento preventivo ya existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario hasta un 70%.
- Si el RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, esto beneficiará para que la carga de trabajo programada sea mucho menor que el si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al sistema RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber que pueden hacer y cómo hacer para obtener los resultados requeridos.
- Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.

1.2.3. Mantenimiento productivo total (MPT)

Este sistema de mantenimiento es una técnica desarrollada en Japón en la década de los 70, que nace como una necesidad de mejorar la calidad de sus productos y servicios. El Total Productive Maintenance (TPM, por sus siglas en inglés) se define como: la reformulación y la mejora de la estructura empresarial a partir de la reestructuración, mejora de las personas y equipos, todo esto con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y un cambio de la postura organizacional. El TPM consiste en la aplicación de los conceptos modernos de productividad y calidad total al mantenimiento para mejorar la competitividad de las empresas, su esencia es obtener lo máximo con calidad aceptable, al menor costo posible, en forma racional, permanente y con sentido integral (Jaimes Pineda, 2010; Dumaguala Encalada, 2014; Villada Duque, 2016).

El TPM promueve un trabajo en conjunto vinculando al hombre, máquina y empresa, de esta manera el trabajo de conservación de los medios de producción pasa a ser preocupación de todos. Esta filosofía de mantenimiento compromete la eficacia de la estructura orgánica de la empresa, por medio de mejoras a ser introducidas, tanto en personal como en equipo. El alcance de este sistema ha evolucionado ampliamente desde la década de los setenta, al punto que se le considera actualmente como un sistema de innovación empresarial, sobrepasando los modelos de mejoramiento industrial del final del siglo pasado (Willmott, 2001; Torres, 2005;

Tavares, 2006; García Garrido, 2009; Mora Gutiérrez, 2012; Hernández Gómez, 2014; Shen, 2015).

1.2.4. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)

El Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), según De la Paz Martínez (1996) es aquel que tiene como objetivo evitar el desgaste o deterioro prematuro de los medios básicos. El personal encargado de la planificación y control del mantenimiento, tiene entre sus funciones la de programar las inspecciones y reparaciones de forma planificada antes de que ocurra una avería o desperfecto de las máquinas y equipos. Es conveniente su aplicación en aquellas empresas donde la demanda es mayor que la capacidad, cuando funciona constantemente o donde existe dificultad en la adquisición inmediata de piezas de repuesto y materiales. Las ventajas que conlleva el uso de este sistema se traducen en un mayor aprovechamiento del personal y materiales de mantenimiento; disponibilidad de datos que permiten comparar diversos programas de producción desde el punto de vista de mantenimiento y una mayor flexibilidad debido a la disponibilidad de información anticipada y correcta en forma fácilmente interpretable.

El sistema MPP, según De la Paz Martínez (2015), es el más extendido en Cuba. Su aplicación también supone desventajas debido a que los ciclos que se planifican no siempre son los más adecuados para cada equipo y se requiere su revisión periódicamente; muchas veces se desarmen equipos sin necesidad real y entre el desarme y arme posterior se corren riesgos de roturas y errores que pueden ser de gran envergadura; el gasto de piezas, materiales y otros recursos en que se incurre es considerable y en ocasiones no responde a las necesidades reales y su carácter planificado y preventivo conduce a que los desperfectos en realidad no sean detectados con antelación suficiente para prevenir las paradas no planificadas.

En cuanto a sus condiciones de aplicación se ha planteado que resulta engorroso efectuarlo en líneas de producción en cadena y es impráctico en equipos complejos y modernos. El sistema MPP establecido y casi generalizado, presenta importantes problemas que lo hacen difícil de ejecutar y altamente costoso, además de que los procedimientos normados para su ejecución se violan continuamente al ser impracticables y que, en definitiva, la actividad integral de mantenimiento es ineficiente, pues parte de un sistema que ya se ha vuelto caduco en su concepción original, ante las nuevas exigencias y reglas de la producción en entornos competitivos (Rodríguez Hernández, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Pérez González, 2016).

1.2.5. Mantenimiento centrado en el negocio (MCN)

El Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM, por sus siglas en inglés) o Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM, por sus siglas en inglés) o Mantenimiento Estratégico 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 Pivotante” (Paredes Rodríguez, 2005; Jaimes Pineda, 2010; Castellanos López, 2015; 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; Espinosa Fuentes, 2014; Rodríguez Díaz, 2014; Broche Hernández, 2015).

1.2.6. Sistema de mantenimiento esbelto (Lean Maintenance)

El término Lean fue acuñado por un grupo de estudio del Massachusetts Institute of Technology (MIT) para analizar el nivel mundial de los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz. Lean, es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio. Su filosofía se desarrolla sobre la base de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) consistente en usar menos de cada cosa en la planta, menos esfuerzo humano, menos inversión en el inventario de materiales y herramientas, menos espacio (Mostafa, 2015).

El Mantenimiento esbelto es una operación de mantenimiento proactivo que emplea actividades de mantenimiento planificado y programado a través de prácticas del mantenimiento productivo total (MPT), usando las estrategias de mantenimiento desarrolladas a través de la aplicación de la decisión lógica del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) y practicada por equipos de acción auto dirigidos usando el proceso de las 5S, los eventos semanales de mejora Kaisen y, el mantenimiento autóctono, junto con técnicos de mantenimiento con multi-habilidades (Paredes Rodríguez, 2005; Arslankaya, 2015; Mostafa, 2015). Lo anterior se logra a través del uso comprometido de su sistema de orden de trabajo y su sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS: Computer Management Maintenance System) o sistema de

gestión de activos (EAM: Enterprise Asset Management). Ellos son soportados por un almacén de mantenimiento esbelto distribuido, que proporciona partes y materiales Justo a Tiempo (JIT) basado y apoyado por un grupo de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad que efectúa el análisis Causa Raíz (ACR) de fallas, la efectividad del procedimiento de mantenimiento, el análisis del mantenimiento predictivo (MPd), y el análisis de tendencias y resultados del monitoreo de condiciones (Paredes Rodríguez, 2005; Mostafa, 2015).

1.3. Tipos de mantenimiento

Algunas de las denominaciones más utilizadas al definir los tipos de mantenimiento se presentan a continuación:

Mantenimiento correctivo: es el tipo de mantenimiento que 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 (Espinosa Fuentes, 2013; Dumagualla Encalada, 2014; Alrabghi, 2015):

- Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo): este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la avería.
- Mantenimiento curativo (de reparación): este se encarga de la reparación propiamente, pero eliminando las causas que han originado la avería.

Mantenimiento preventivo: este tipo de mantenimiento 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 (Espinosa Fuentes, 2013; Dumagualla Encalada, 2014; Alrabghi, 2015; Sidibe, 2016; Villada Duque, 2016; Zhang y Zhou, 2016).

Mantenimiento predictivo: consiste en predecir, es decir, en 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 (Espinosa Fuentes, 2013).

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 sólo 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 (Dumagualla Encalada, 2014).

Mantenimiento modificativo: este tipo de mantenimiento 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 (Dumagualla Encalada, 2014).

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 han 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 al que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio (Espinosa Fuentes, 2013; Dumagualla Encalada, 2014).

1.3.1. La selección de la política de mantenimiento a aplicar en la empresa

En la actualidad muchas organizaciones implementan sistemas de mantenimiento de avanzada; sin embargo, no realizan una valoración objetiva para conocer realmente cuál sistema se ajusta mejor a las características y condiciones que posee la entidad. Varios autores (LI, 2009; Lust, 2009; Mora Gutiérrez, 2009), han planteado numerosas opiniones relacionadas con la selección de la filosofía de mantenimiento a ser aplicada a nivel de empresa. Los mismos coinciden, en primer lugar, en que el criterio de selección está influenciado por numerosas variables, algunas de las cuales son difíciles de cuantificar, no obstante, los métodos cuantitativos proporcionan una herramienta en la toma de decisiones de este tipo.

Un mantenimiento bien diseñado, como principio, debe adecuarse a las características de cada máquina, así como a las particulares de la empresa u organización que decida su implementación. En este sentido se han desarrollado varios procedimientos empleando criterios de selección generalmente a nivel de máquina (Alfonso Llanes, 2009; Arunraj, 2010; Seyedshohadaie, 2010). Con el objetivo de decidir sobre el tipo de mantenimiento más apropiado a aplicar a un equipo o máquina, se han presentado disímiles propuestas en la literatura. Estas pueden dividirse en dos tendencias fundamentales.

La primera está relacionada con la presentación de metodologías que, al considerar varios factores, permiten decidir directamente la política de mantenimiento a seguir en cada situación. Dentro de estas metodologías se destacan la filosofía RCM (Mkandawirea, 2015; Syed, 2015), el análisis multicriterio (Antoniou, 2007; Pavan, 2009; Recchia, 2011; Duvivier, 2013), el análisis de riesgo (Arunraj, 2010; Seyedshohadaie, 2010; Broche Hernández, 2015; Aragón Dávila,

2016; Betancourt Conde, 2016; Kamsu-Foguem, 2016), las estrategias de selección basadas en elementos económicos (Sondalini, 2002; Alsyouf, 2009) y el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) (De la Paz Martínez, 2006; Velázquez Pérez, 2014) utilizado en varias industrias cubanas. La segunda estrategia, de mucho auge en la actualidad, consiste en la determinación del nivel de criticidad de cada activo dentro del proceso productivo para luego, en función de este, asignar la política de mantenimiento que resulte pertinente.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, al crear una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, que dirige el esfuerzo y los recursos hacia las áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional (Alfonso Llanes, 2009; Mao, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Yssaad, 2014; Sosa Martínez, 2016). El método clásico de evaluación de la criticidad de los componentes de un sistema se realiza normalmente mediante la técnica de Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis) y, en otros casos, mediante la herramienta de Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos (FMECA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) (Salguero Manosalvas, 2010; Muñoz, 2013; Espinosa Fuentes, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Chemweno, 2015; Sinha, 2015; Jamshidia, 2015; Dickerson, 2016; Santos Rubio y Bautista-Paloma, 2016; Fernández Llanzi, 2017; Hernández Alfonso, 2017).

La forma más utilizada para realizar la jerarquización de los elementos dentro de un sistema productivo o de servicios es el empleo de un grupo de factores, criterios o variables que caractericen su contexto operacional y valoren las consecuencias que sobre cada una de ellas genera el modo de fallo que se presente (Alfonso Llanes, 2009; Seyedshohadaie, 2010).

1.3.2. Aspectos generales sobre la selección del tipo de mantenimiento en Cuba

Los tipos de mantenimiento analizados se pueden combinar de forma tal que se obtenga el máximo rendimiento de las instalaciones. Varios autores (Alfonso Llanes, 2009; Hernández Milia, 2010; Fernández Llanes, 2011; Acosta Palmer, 2012; Rodríguez Díaz, 2014) han coincidido que no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un único tipo de mantenimiento.

Para la selección del tipo de mantenimiento, varios autores cubanos han diseñado metodologías con este fin, tal es el caso de Polo Salgado (2011) y Rodríguez Hernández (2012) los mismos proponen un algoritmo que incluye el estudio del régimen de explotación y del sistema de mantenimiento existente en la empresa, la clasificación de la industria según sus características de producción, grado de mecanización y régimen de trabajo, la aplicación del proceso de diferenciación de máquinas y definición de la política de mantenimiento hasta nivel

de sistemas; de estos resultados se obtiene el tipo de acción de mantenimiento a acometer y luego de una valoración económica de ser positivo el análisis, se implanta el sistema, el cual puede irse perfeccionando hasta el logro de una gestión de mantenimiento automatizada.

Por otra parte Alfonso Llanes (2009), propone un algoritmo, a partir de las propuestas presentadas por Torres (1997), Borroto Pentón (2005) y Christensen (2006) que alcanza este objetivo en dependencia del valor de cada una de las variables que, a su criterio, van a caracterizar el entorno operacional en que se desempeña el equipamiento estudiado, dígame: costo, eficiencia, eficacia, utilidad, disponibilidad y productividad. A partir de las características propias de cada tipo de mantenimiento (ventajas, desventajas y condiciones de aplicación) se deciden las políticas de mantenimiento a considerar, así como su orden de prioridad según la estrategia trazada para cada clase y el tipo de fallo que se presente. Una metodología pobremente utilizada en Cuba para la selección de actividades de mantenimiento lo constituye el Análisis de riesgo (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Llerena Morera, 2016; Pérez González, 2016). En el apartado siguiente se profundiza en su contenido.

1.4. Generalidades sobre el Análisis de riesgo

Las organizaciones, no importa cuál sea su actividad y tamaño, afrontan una serie de riesgos que pueden afectar a la consecución de sus objetivos. Todas las actividades de una organización están sometidas de forma permanente a una serie de amenazas, lo cual las hace vulnerables, comprometiendo su estabilidad. Accidentes o riesgos operacionales, enfermedades, incendios, pérdidas de beneficios, catástrofes naturales, etc., son una muestra de este panorama, sin olvidar las amenazas propias del negocio (Romeral, 2008; Enciso y Casares, 2011; Molpeceres, 2012; Brennan, 2013; Pérez Borrajo, 2014; Leveson, 2015; Aragón Dávila, 2016; Dickerson, 2016; Kamsu-Foguem, 2016; Kiran, 2016).

Acerca del término riesgo existen diferentes conceptos y definiciones las cuales se muestran en el anexo 1. En estos estudios se observa la existencia de consenso en utilizar las expresiones fallas, accidentes, sucesos, daños, protección, prevención o costo por dichos daños, relacionados todos con la salud y seguridad de los trabajadores inmiscuidos en las diferentes operaciones, así como del medio ambiente (Wu, 2016).

Debido a la gran variedad de riesgos se han propuesto diversas clasificaciones (Martínez Silva, 2014; Balam Mena, 2015). Desde un punto de vista general, se pueden clasificar en riesgos de categoría A: son los inevitables y aceptados, sin compensación, de categoría B: evitables y de categoría C: normalmente evitables, voluntarios y con compensación. Desde el punto de vista más concreto de las actividades industriales, los riesgos pueden clasificarse en otras tres categorías, los convencionales, los específicos y riesgos mayores. De estos tres tipos de riesgo,

los dos primeros corresponden al tratamiento clásico de la seguridad e higiene en el trabajo, y por su forma de actuar son en general relativamente fáciles de prever.

Según Molpeceres (2012), Gutiérrez (2015) y Dickerson (2016) la gestión de riesgos es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país. Implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sostenible. Es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos; mientras que de una forma más reducida Casares (2013) plantea que son las actividades coordinadas para dirigir y controlar una empresa en relación con el riesgo e incluye, por norma general, la evaluación, el tratamiento, la aceptación y la comunicación de los riesgos.

La gerencia de riesgos en un entorno global se está perfilando como una estrategia financiera y empresarial que proporciona una importante ventaja competitiva a las empresas que disponen de ella, así como un importante incremento de valor en el mercado. Toda empresa debería establecer esquemas eficientes y efectivos de administración, gestión y control de todos los riesgos a los que se encuentran expuestas en el desarrollo de su negocio, conforme su objeto social, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones que sobre esta materia establezcan otras normas especiales y/o particulares, ya que la administración integral de riesgos es parte de la estrategia institucional y del proceso de toma de decisiones (Enciso y Casares, 2011; Casares, 2013; Dickerson, 2016).

La norma que aborda el tema referente al riesgo y por consiguiente su gestión es la ISO 31000 (2015), la cual está estructurada en tres elementos clave para una efectiva gestión de los mismos: los principios para su gestión, la estructura de soporte y el proceso de gestión, los cuales se muestran en la figura 1.2.

Esta norma en general habla sobre la evaluación de riesgos y tiene como finalidad que las organizaciones comprendan las amenazas que podrían afectar el logro de los objetivos y la adecuación y eficacia de los controles ya existentes, proporcionando una base para el tratamiento de los riesgos y la selección de las mejores decisiones a través de las buenas prácticas que ofrece. La ISO 31000 (2015) puede ayudar a la organización en los enfoques de conceptos de evaluación de riesgos, proceso de evaluación de riesgos y en la selección de las técnicas de evaluación de riesgos, además en esta norma se tratan las ventajas de gestionar de forma correcta el riesgo.

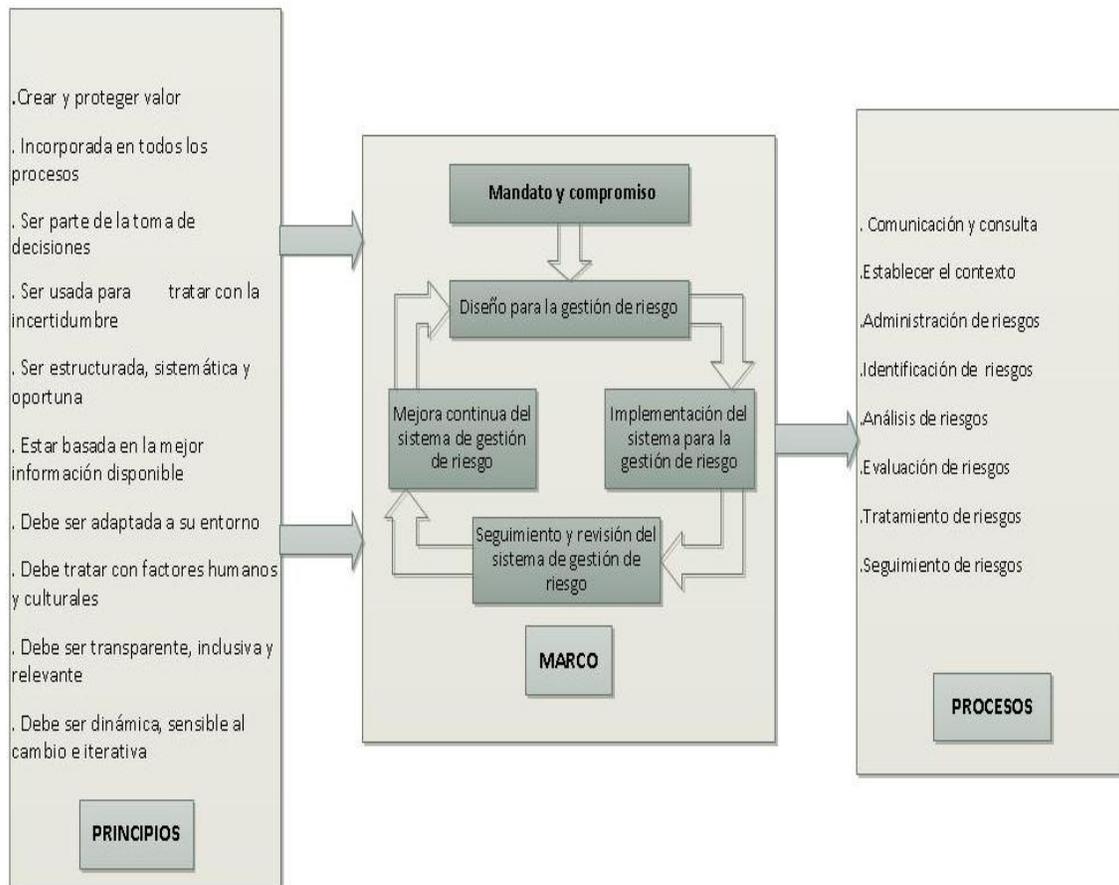


Figura 1.2. Relación entre el proceso, los principios y el marco de la Gestión de riesgos.

Fuente: ISO 31000 (2015).

1.4.1. Análisis de riesgo y definiciones matemáticas

El Análisis de los riesgos es el proceso de identificación de los efectos potenciales en el funcionamiento empresarial, consiste en un proceso sistemático para estimar la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto de cada fallo identificado en los activos y recursos de la organización (Romeral, 2008; Sondalini, 2009; Rodríguez Díaz, 2014; Dickerson, 2016).

La ISO 31000 (2015) además de otros autores (Villanueva Altez, 2009; Enciso y Casares, 2011; Betancourt Conde, 2016; Kamsu-Foguem, 2016), plantea que el Análisis del riesgo se puede realizar con diferentes grados de detalle, dependiendo del riesgo, de la finalidad del análisis y de la información, de los datos y recursos disponibles. El análisis puede ser cualitativo (alto, medio, bajo), semicuantitativo o cuantitativo (valor en riesgo, flujos de caja en riesgo, distribuciones de pérdidas, backtesting, análisis de sensibilidad, etc.) o una combinación de los tres casos, dependiendo de las circunstancias, con el objetivo de determinar la probabilidad e impacto (tangibles e intangibles) de los posibles eventos. Dependiendo de los casos se puede

necesitar más de un valor numérico o descriptor para especificar las consecuencias y su probabilidad, para diferentes momentos, lugares, grupos o situaciones.

El Análisis del riesgo proporciona elementos de entrada para la evaluación y para tomar decisiones acerca de si es necesario tratar los riesgos, así como sobre las estrategias y los métodos de tratamiento del riesgo más apropiados (Rodríguez Díaz, 2014; Betancourt Conde, 2016). La definición matemática de riesgo lo define como la esperanza matemática de la pérdida. Si se considera un suceso con una probabilidad de ocurrencia y un daño o consecuencia, el riesgo vendrá definido por el producto de esta probabilidad por el efecto o magnitud del daño (Kallen, 2009; Borboa Santamaría, 2010; Peña Vasconcellos, 2015; Kamsu-Foguem, 2016; Kiran, 2016; Betancourt Conde, 2016; Hernández Alfonso, 2017).

Según Masayuki (2009), Muñoz (2013), Rodríguez Díaz (2014), Gutiérrez (2015), Dickerson (2016) y Pérez González (2016) es el resultado de la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de un peligro definido (problema, fallo, accidente, catástrofe natural, fraude, error humano, etc.) y de la severidad o magnitud de las consecuencias de este hecho indeseable en caso de que ocurra. El concepto de riesgo tiene dos elementos, la probabilidad de que algo suceda y las consecuencias en caso de que suceda; en las expresiones 1.1 y 1.2 se muestra como se calcula el mismo.

$$\text{Riesgo} = P \times C \quad (1.1)$$

Dónde:

P: Probabilidad de ocurrencia; siendo $0 \leq P \leq 1$

C: Consecuencia o daño

Una definición equivalente se puede obtener al sustituir la probabilidad de ocurrencia por la frecuencia con que ocurre un fallo y las consecuencias que podrían traer consigo por la severidad de los daños:

$$\text{Riesgo} = F \times S \quad (1.2)$$

Dónde:

F: Frecuencia de ocurrencia

S: Severidad

Estos efectos se pueden medir en distintas unidades: en términos económicos, en pérdida de vidas humanas, en daños personales, etc. Obviamente, para reducir el riesgo se puede actuar sobre las dos variables, o sea, reducir la probabilidad de ocurrencia o la magnitud esperable del daño, o actuar simultáneamente sobre las dos. Para algunos autores (Romerio, 2000; Borboa Santamaría, 2010; Fernández Llanes, 2011; Brennan, 2013; Kiran, 2016), disminuir la probabilidad es prevención y disminuir la gravedad de los efectos es protección.

Según Moreno Escudero (2010), una vez que las probabilidades y los modos de fallo se han determinado, los mecanismos de deterioro pertinentes y la probabilidad de cada consecuencia deben ser determinados. La falta de contención solo puede ser el primer evento en una serie de eventos que llevan a una consecuencia específica.

1.4.2. Técnicas para la identificación y/o evaluación de riesgos

La identificación de los riesgos a los que está sometida una empresa es la base de la gerencia de riesgos. El primer paso del análisis debe consistir siempre en la identificación y conocimiento detallado de las posibles fuentes, orígenes o causas de los fallos, así como los sujetos que pudieran verse afectados por los mismos, sus consecuencias potenciales, las áreas de impactos, etc. No todos los acontecimientos que suceden en una empresa son susceptibles de interpretarse como un riesgo, ni todos llegan a materializarse (Gutiérrez, 2015).

El objetivo de esta etapa consiste en generar una lista exhaustiva de riesgos denominada “decálogo de riesgos”, basada en aquellos sucesos que podrían crear, mejorar, prevenir, degradar, acelerar o retrasar el logro de los objetivos. En el anexo 2 se muestra una relación de las técnicas potenciales y sus categorías, donde se observa la existencia de más de treinta métodos de evaluación, ordenados por su nombre y clasificados por su aplicabilidad (FA: Fuertemente aplicables, NA: No se aplica, A: Aplicable) en cada una de las diferentes fases de identificación, análisis y evaluación de los riesgos; esta evaluación va a permitir establecer las estrategias oportunas que favorezcan la reducción de la frecuencia y la intensidad del impacto del riesgo. Entre dichas estrategias también se puede decidir “no hacer nada”, y si bien es una estrategia improbable, en algunas circunstancias tiene sentido no tratar el riesgo de ninguna otra manera que manteniendo los controles existentes. En otras ocasiones, puede llevar a la decisión de realizar un análisis en mayor profundidad (Narváez Rosero, 2014; ISO 31000, 2015; Betancourt Conde, 2016).

Existen diferentes métodos y herramientas que contribuyen a una mejor gestión en la etapa de identificación de riesgos, gracias a los cuales se puede obtener un sistema de información organizado a partir del cual se procesan los riesgos encontrados. Las técnicas empleadas deberían ser justificables y apropiadas a la organización, proporcionar resultados que mejoren la comprensión de la naturaleza del riesgo y que sean trazables, reproducibles y verificables. Además, se deberían seleccionar en base a factores aplicables tales como (ISO 31010, 2015):

- Los objetivos del estudio.
- Las necesidades de las personas que han de tomar decisiones.
- El tipo y la gama de riesgos que se analizan.
- La posible magnitud de las consecuencias.

- El grado de conocimientos técnicos, de recursos humanos y de otros tipos que se necesitan.
- La disponibilidad de información y de datos.
- La necesidad de modificación y actualización de la apreciación del riesgo.

A continuación se detallan las características generales de un grupo de técnicas utilizadas para realizar la evaluación de los riesgos (Ospino Ibarra, 2012; Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; ISO 31010, 2015, Betancourt Conde, 2016; Dickerson, 2016).

Análisis de modos de fallos y sus efectos (FMEA) / Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMEAC)

El FMEA, es una herramienta de máxima utilidad en el desarrollo del producto que permite, de una forma sistemática, asegurar que han sido tenidos en cuenta y analizados todos los fallos potencialmente concebibles, es decir, permite identificar las variables significativas del proceso/producto para poder determinar y establecer las acciones correctoras necesarias para la prevención del fallo, o la detección del mismo si éste se produce, evitando que productos defectuosos o inadecuados lleguen al cliente, es un método dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo (Jamshidia, 2015; Santos Rubio y Bautista-Paloma, 2016).

Se pueden distinguir dos tipos de FMEA, el de diseño, que va dirigido al producto y el de proceso, que está orientado al proceso de fabricación, es decir, a los medios de producción que se utilizan. Cuando la criticidad es considerada en un FMEA, el nombre es cambiado a Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad FMECA y una sección adicional es añadida en el procedimiento y en el formato tabular del FMEA. Aunque hoy en día la distinción entre ambos términos ha sido empañada y a menudo son usados intercambiabilmente (Harris, 2013).

FMECA es una técnica que facilita la identificación de posibles problemas en el diseño o proceso mediante el examen de los efectos de los fallos del nivel inferior. Las acciones recomendadas o las disposiciones de compensación son para reducir la probabilidad de que ocurra el problema, y mitigar el riesgo, si de hecho se produce. Para que un FMECA sea efectivo debe ser realizado por personal que está íntimamente relacionado con el diseño y operación del sistema además de una efectiva facilitación (Espinosa Fuentes, 2013; Chemweno, 2015; Sinha, 2015).

Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP)

Denominado también "Hazard and Operability Análisis" o HAZOP es una técnica de seguridad orientada a identificar circunstancias de peligro y de accidente, siendo la operación (la garantía de funcionamiento) un aspecto secundario, es un método absolutamente sistemático, porque se controlan todas y cada una de las variables de proceso, en todos y cada uno de los equipos de la planta. Su aplicación se fundamenta en la identificación de todos los parámetros del proceso (presión, temperatura, nivel, caudal, etc.) y sus condiciones de trabajo habituales, analizando de manera sistemática las desviaciones posibles. Para cada situación peligrosa identificada se propondrán las medidas correctoras oportunas en el sentido de evitar las desviaciones detectadas (Harris, 2013).

Este método requiere documentación completa y un conocimiento exhaustivo de la planta, de los productos utilizados y de las condiciones de proceso. Está especialmente adaptado a plantas relativamente complejas en las que otros métodos serían totalmente anárquicos.

Análisis mediante árbol de fallas (FTA)

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. Es una técnica en la cual muchos eventos que interactúan para producir otros eventos pueden ser relacionados mediante el uso de simples relaciones lógicas; estas relaciones permiten la construcción de una estructura lógica que permite modelar los modos de falla de un sistema. Se recomienda su utilización en instalaciones complejas en las que concurren muchos aparatos, instrumentos, equipo de control y alarma y sistemas de seguridad. Incluso es aplicable para valorar la incidencia del fallo humano en la probabilidad del suceso capital (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015).

Análisis de riesgo (PHA)

El análisis de riesgo (también conocido como evaluación de riesgo o PHA por sus siglas en inglés: Process Hazards Analysis) es el estudio de las causas de las posibles amenazas, y los daños y consecuencias que estas puedan producir. Este tipo de análisis es ampliamente utilizado como herramienta de gestión en estudios financieros y de seguridad para identificar riesgos (métodos cualitativos) y otras para evaluar riesgos (generalmente de naturaleza cuantitativa). El primer paso del análisis es identificar los activos a proteger o evaluar. La evaluación de riesgos involucra comparar el nivel de riesgo detectado durante el proceso de análisis con criterios de riesgo establecidos previamente. La función de la evaluación consiste en ayudar a alcanzar un nivel razonable de consenso en torno a los objetivos en cuestión, y

asegurar un nivel mínimo que permita desarrollar indicadores operacionales a partir de los cuales medir y evaluar (Muñoz, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Gutiérrez, 2015; Dickerson, 2016).

Análisis mediante árboles de sucesos o eventos

Mediante el ETA (Event Tree Análisis) se pretende estructurar la secuencia de eventos básicos que desencadena un tipo de accidente concreto, estableciendo también las probabilidades de ocurrencia, si el conocimiento de los sucesos básicos lo permite (Espinosa Fuentes, 2013). Desde un punto de vista abstracto, es similar al análisis de árboles de fallos, sin embargo, los sucesos básicos en este caso no son fallos de los sistemas sino alternativas de las diferentes situaciones que pueden darse. Por su especificidad y grado de desarrollo, son aplicables a las mismas instalaciones y bajo las mismas condiciones que los árboles de fallos (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015).

Análisis de causas y consecuencias

Permite un análisis cuantitativo de los eventos de fallo en sistemas complejos, partiendo de sucesos capitales y factores condicionantes, con lo que al final se obtiene un árbol de causas/consecuencias. Es una combinación de árboles de fallos y árboles de sucesos por lo que también se utilizan símbolos lógicos y asignación de probabilidades a cada uno. Los resultados obtenidos son muy detallados y permiten, como en el caso de los árboles de fallos y de sucesos, cuantificar la utilidad de las medidas correctoras propuestas (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Pérez González, 2016).

Índices de riesgo

Son procedimientos de aplicación relativamente simple a instalaciones complejas, en las que se evalúan una serie más o menos detallada de parámetros y se cuantifican unos valores que permiten una evaluación del nivel de riesgo de la instalación analizada. Existe un buen número de ellos, cada uno con sus especificidades. Son métodos de aplicación simple y económica ya que con la cumplimentación razonada de una lista de comprobación, se obtienen de forma más o menos inmediata unos valores orientativos del riesgo intrínseco de la actividad e incluso pueden determinarse los factores que más contribuyen a incrementar este riesgo. Sin embargo, su grado de descripción de la instalación es limitado, por lo que los resultados obtenidos son genéricos y pueden pasar por alto multitud de factores, agravantes o no (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Pérez González, 2016).

Listas de Verificación (Checklists)

Consiste en contrastar la realidad de la planta con una lista muy detallada de cuestiones relativas a los más diversos ámbitos, tales como condiciones de proceso, seguridad o estado de las instalaciones o servicios. Es un procedimiento fácil y controlado. Está especialmente

adaptado para garantizar el cumplimiento de normas o reglamentos técnicos y permite la reproducibilidad del análisis de forma periódica, permitiendo estudiar las desviaciones que se producen en el tiempo (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Pérez González, 2016).

Análisis "¿Qué pasa si...?"

El objetivo fundamental de este método es la detección y análisis de las desviaciones sobre los procesos y condiciones previstos, intentando evitar aquellos eventos que puedan resultar no deseables. Básicamente consiste en responder cualitativamente a una batería de preguntas del tipo "¿Qué pasa si...?". Resulta un sistema muy creativo y de simple aplicación (y por lo tanto, económico). Sin embargo, aun realizándose de modo estructurado puede pasar por alto algunos peligros menos evidentes, pero no por ello menos graves (Rodríguez Díaz, 2014; Pérez González, 2016).

Análisis histórico de accidentes

Su objetivo primordial es detectar los peligros presentes en una instalación por comparación con otras similares que hayan tenido accidentes registrados en el pasado. Analizando esos antecedentes es posible conocer las fuentes de peligro, estimar el alcance posible de los daños e incluso, si la información es suficiente, estimar la frecuencia de ocurrencia. Es una metodología simple y económica, ya que no compromete muchos recursos materiales o humanos. Su gran ventaja es que detecta peligros absolutamente reales, que ya en el pasado se han puesto de manifiesto. Sin embargo, las informaciones recogidas son limitadas dado que sólo se registran los accidentes que acaban en eventos de relativa importancia y se obvian incidentes, potencialmente más peligrosos que los anteriores, pero que por circunstancias fortuitas favorables no desencadenan un gran accidente (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Pérez González, 2016).

Análisis preliminar de peligros

Este método es similar al análisis histórico de accidentes, aunque no se basa en el estudio de siniestros previos sino en la búsqueda bibliográfica de peligros que puedan hallarse presentes en una nueva instalación a partir de la lista de productos químicos presentes. Este es un procedimiento de análisis simple y económico, aunque no sistemático; es estrictamente cualitativo y depende en exceso de los conocimientos previos de los ejecutantes. Resulta idóneo para instalaciones en fase de anteproyecto o ingeniería básica, cuando aún no se han desarrollado planos detallados de la instalación (Rodríguez Díaz, 2014; Peña Vasconcellos, 2015; Pérez González, 2016).

Análisis de las funciones

El objetivo de esta técnica es analizar los peligros y los puntos críticos de control (HCCAP), es un sistema sistemático, proactivo y preventivo para asegurar la calidad del producto, fiabilidad y seguridad del proceso, midiendo y supervisando las características específicas que requieren ser definidos dentro de ciertos límites.

Evaluaciones de controles

Esta técnica realiza un análisis de las capas de protección (LOPA). Es un método de análisis de riesgo semicuantitativo para determinar y valorar el riesgo de forma intuitiva, que señala qué capas de protección son susceptibles de ser mejoradas y en qué grado.

1.5. Generalidades sobre el Mantenimiento basado en el riesgo

En 1993 el Instituto Norteamericano del Petróleo (American Petroleum Institute – API) inició un proyecto denominado Inspección Basada en Riesgo (Risk Based Inspection – RBI). En dicho proyecto participaron una serie de empresas relacionadas, entre las cuales destacaban Shell, Unocal, Exxon, Texaco, Dow Chemical, Mobil, Chevron (API, 2008). El resultado de esta labor fue de dos publicaciones:

- API 580 Risk Based Inspection.
- API 581 Base Resource Document Risk Based Inspection.

API 580 establece los principios mínimos y presenta las directrices generales para el desarrollo de un programa de RBI para equipos estáticos y tuberías. API 581 proporciona métodos cuantitativos para establecer un programa de inspección. Juntos, estos documentos contribuyen un estándar para prácticas de RBI ampliamente reconocido para la industria. Podemos considerar al Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM) como la evolución del RCM (Mantenimiento Basado en la Fiabilidad). RCM 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 (Hu, 2014). La capacidad de cuantificar los problemas, además de su mayor sencillez de aplicación, hace que RBM se aplique con éxito en el sector del Oil & Gas. Estas plantas petroquímicas de generación y distribución de energía consiguieron ahorros muy importantes.

El Mantenimiento Basado en el Riesgo dispone para su implementación en las industrias de procesos o procedimientos de inspección. Requieren la evaluación del sistema de gestión, resultados de inspección y propuesta de acciones correctivas. Evalúa los riesgos asociados a cada uno de los equipos, desarrollando con base en ello, nuevos planes de inspección y mantenimiento de todas las instalaciones. La evaluación se realiza a través de estimaciones de frecuencia de falla de equipos como una función directa de los mecanismos de daño que

puedan atacar la pared contenedora de éstos. Estima las consecuencias en términos de los daños al personal, la instalación, medio ambiente y pérdidas de producción ocasionadas por una falla. Combina la probabilidad de ocurrencia de las fallas con sus consecuencias. Como logro se puede elaborar un programa de inspección y mantenimiento destinado a definir, cuantificar y controlar los riesgos debidos a las fallas en los equipos con prioridades y frecuencias de inspección (Moreno Escudero, 2010). Su propósito es definir y realizar aquellas actividades necesarias para detectar el deterioro en servicio de los equipos antes de que se produzcan las fallas. Emplea una metodología capaz de sustentar la toma de decisiones aun cuando se cuenta con datos inciertos o incompletos.

El Sistema de Mantenimiento Basado en el Riesgo provee una metodología para decidir objetivos de mantenimiento, formular los planes de vida de los equipos y la programación de mantenimiento de las plantas, diseñando la organización de mantenimiento y estableciendo un sistema apropiado de documentación y control. Este sistema presenta un marco de referencia sistemático, basado en traducir los objetivos empresariales en objetivos de mantenimiento, que persiguen formular planes de vida de equipos y programas de mantenimiento de planta, diseñar la organización respectiva y establecer los sistemas apropiados de documentación y control (Jaimes Pineda, 2010; Fernández Llanes, 2011; Diamantoulaki, 2013; Rodríguez Díaz, 2014; Gintautas, 2016; Kiran, 2016).

La metodología de aproximación terotecnológica está orientada a optimizar los costos totales de mantenimiento en el ciclo de vida asociado al equipamiento, en contraposición al proceso de adquisición de activos limitado a consideraciones de performance y costo de capital. Además, usa juicios de ingeniería y experiencia como la base para el análisis de probabilidades y consecuencia de una falla, los resultados son dependientes de la experiencia y conocimientos de los expertos (Hameed, 2015; Moradkhani, 2015; Kiran, 2016). Los resultados son emitidos en términos como alto, medio, bajo, etc. u otros datos numéricos.

Las metodologías como HAZOP o FMECA son ejemplos de análisis cualitativo (Arunraj, 2010; Salguero Manosalvas, 2010; Seyedshohadaie, 2010; Von Versen, 2012). Estos autores, al igual que Mora Gutiérrez (2012) y Rodríguez Díaz (2014) definen las características principales del Sistema Basado en el Riesgo, las mismas se muestran a continuación:

- Acabado análisis de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad, con la participación conjunta del propietario, operador y responsables del diseño, manufactura e instalación. Evaluación de aprovisionamiento de repuestos, capacitación del personal de mantenimiento y los servicios de apoyo de proveedores.

- Un sistema de registro y análisis de fallas e identificación de áreas con alto costo de mantenimiento, desde la puesta en marcha hasta el reemplazo de la planta, destinado a formular modos de acción conducentes a minimizar costos directos e indirectos de mantenimiento.

De manera general, la formulación y aplicación de este sistema, para una organización, es un problema complejo y comprometido cuya resolución requiere de un enfoque sistemático y pragmático de aproximación. Esta metodología posee un enfoque iterativo para establecer las estrategias de mantenimiento denominado “Top-Down Bottom-Up” (Mora Gutiérrez, 2009; Rodríguez Díaz, 2014; Floriana, 2015; Kamsu-Foguem, 2016).

1.5.1. Mantenimiento basado en el 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.

Las investigaciones realizadas por Rodríguez Díaz (2014), Broche Hernández (2015), Peña Vasconcellos (2015) y Pérez González (2016) proponen una metodología basada principalmente en el FMEA y tienen en cuenta el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) como punto de partida para el mejoramiento del nivel de riesgo en cada uno de los modos de fallo y realizan su aplicación en las empresas “UEB Elpidio Sosa, Electroquímica”, “UEB Embotelladora Central Osvaldo Socarrás Martínez”, “Unidad Básica Textil Desembarco del Granma” y “Hotel Playa Cayo Santa María” pertenecientes a la provincia Villa Clara, respectivamente.

En el sector del turismo son escasas las investigaciones realizadas, solo 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 y Hernández Alfonso (2017) que realiza su aplicación al equipamiento del sistema de clima, lo que motiva a que se realicen nuevos proyectos para la evaluación de nivel de riesgo y disminuir los fallos en los equipos.

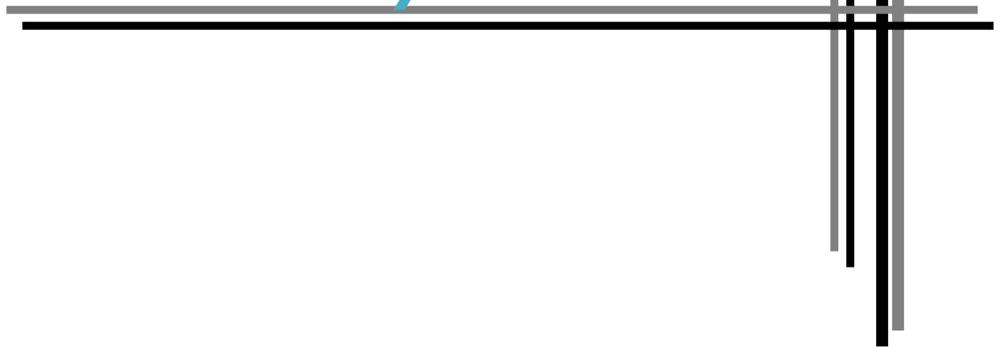
La propuesta presentada por Rodríguez Díaz (2014) se considera de alta valía al abarcar los elementos, que según la nueva norma ISO: 31000 (2015), deben tener en cuenta en todo

estudio que se realice sobre el riesgo. 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.

1.6. Conclusiones parciales

1. Actualmente existe un grupo importante de autores que coinciden en que el mantenimiento 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, minimizando los costos incurridos, es decir se juega con los dos factores de riesgo además del factor meramente económico.
2. Los procedimientos de evaluación de riesgos existentes en la literatura proporcionan una base sólida para la toma de decisiones dentro de un amplio rango de usos para la gestión de los activos y la optimización de las tareas de mantenimiento. En este sentido, el procedimiento propuesto por Rodríguez Díaz (2014) aborda de manera general los elementos a considerar en un análisis de este tipo.

Capítulo 2



CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADO EN ELEMENTOS DE ANÁLISIS DE RIESGO

En el presente capítulo, para tributar a la solución del problema de investigación de la tesis, y como respuesta a lo expuesto en las conclusiones parciales derivadas de la construcción del marco teórico y referencial de la investigación, se expone la aplicación de un procedimiento general para asistir el proceso de toma de decisiones vinculado a la selección del sistema de mantenimiento basado en Análisis de riesgo y la caracterización de la entidad objeto de estudio.

2.1. Descripción general del procedimiento para la toma de decisiones vinculada a la selección del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento de la cocina en el Hotel “Cayo Santa María”

En la figura 2.1 se muestra el procedimiento general propuesto por Rodríguez Díaz (2014) y Peña Vasconcellos (2015) el cual será empleado para el desarrollo de la presente investigación. A continuación, se realiza una descripción general de su contenido.



Figura 2.1. Procedimiento general para la selección del tipo de mantenimiento basado en el análisis de riesgos. Fuente: Rodríguez Díaz (2014).

Fase 1: Preparación inicial

En esta fase se crean fundamentalmente las condiciones básicas para desarrollar la aplicación de las diferentes etapas del procedimiento. Una de las acciones principales lo constituye la conformación del grupo de expertos el cual estará constituido por especialistas de la empresa que posean conocimientos generales sobre el tema. Para la determinación y selección de los expertos se emplea el procedimiento presentado por Hurtado de Mendoza Fernández (2003).

Fase 2. Realizar el levantamiento de los riesgos

En esta fase se realiza el levantamiento de los riesgos el cual facilita la identificación de las funciones, los mecanismos de degradación y los fallos del equipamiento. El desarrollo de esta fase puede desarrollarse a través de la llamada “Hoja de trabajo del AMFE”. De manera general este levantamiento debe comprender los elementos que se detallan a continuación.

- ✓ Desglose funcional
- ✓ Modos de fallo o riesgos
- ✓ Efectos del fallo

Fase 3. Realizar el análisis de riesgo

Para el desarrollo de esta fase, se utiliza el procedimiento específico que se muestra en la figura 2.2. Este procedimiento está compuesto por tres etapas que expresan la función de cada elemento de las etapas del análisis de riesgo donde se dan a conocer parámetros básicos dentro de los cuales deben administrarse los riesgos de la entidad, así como la clasificación que tienen los componentes del número de prioridad de riesgo para luego de ser clasificados hacer los cálculos del NPR el cual permitirá priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras.

Fase 4. Evaluación de riesgos

Luego de obtener los valores del Número de Prioridad del Riesgo a partir de la fase anterior se puede catalogar el riesgo en función del rango donde se encuentre este indicador. La definición de los intervalos de valores del NPR característicos de cada nivel de riesgo se recomienda especificarlos en una tabla como la 2.1. En el desarrollo de esta tabla se debe trabajar de conjunto con personal experimentado, que posea conocimientos sobre la influencia de los fallos en el desempeño operacional del sistema.

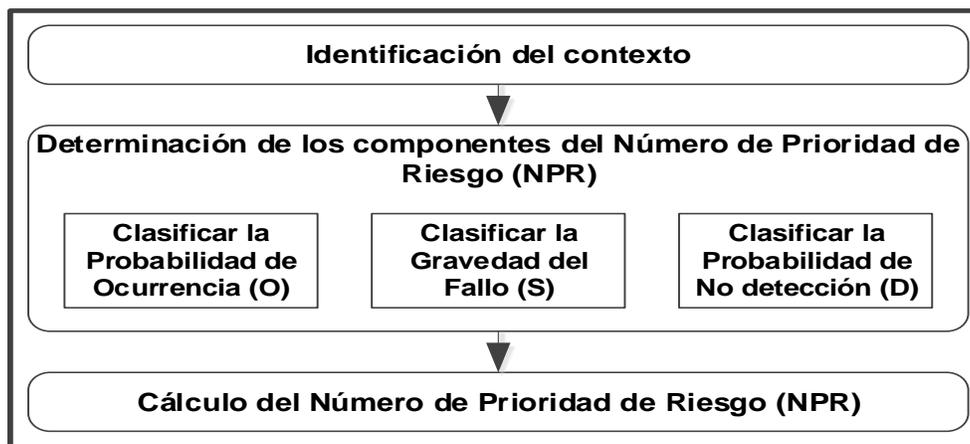


Figura 2.2. Procedimiento específico para la determinación del NPR.

Tabla 2.1. Niveles de riesgo del fallo

Niveles de riesgo	Valor del NPR
Muy alto riesgo o inadmisible (H)	
Alto riesgo o inaceptable (S)	
Riesgo tolerable (M)	
Riesgo aceptable (L)	

Fase 5. Determinación de las acciones de mantenimiento

En esta fase se definen las especificaciones pertinentes para el desarrollo de la planificación de las acciones de mantenimiento necesarias en cada equipo, en aras de eliminar el riesgo equivalente a cada modo de fallo o disminuirlo hasta niveles permisibles. En la figura 2.3 se presenta el algoritmo de decisión seleccionado para desarrollar este proceso de toma de decisiones. Para la presentación de los resultados de la aplicación del procedimiento se propone emplear un modelo como el que se muestra en la figura 2.4.

Finalmente se realiza la programación del mantenimiento donde se precisan elementos cruciales para el adecuado desempeño del sistema de mantenimiento. Se definen los intervalos de intervención, o sea, la frecuencia con la cual se debe realizar cada tarea de mantenimiento, y por último se realiza la estimación del número de prioridad de riesgo mejorado (NPRM) que se apoya en el llamado método GOD (SOD según definiciones), el cual separa las diferentes acciones a realizar según su Gravedad (Severidad), Ocurrencia y posibilidad de Detección. Una vez establecidas las medidas y ejecutadas, se debe revisar el AMFE, simplemente valorar nuevamente la Gravedad, la Ocurrencia y la Detección. Esto debe ofrecer un valor de NPR más bajo y dentro de unos patrones de seguridad adecuados.

2.2. Caracterización del Hotel “Cayo Santa María”

El Hotel Cayo Santa María fue inaugurado el primero de agosto del 2013, lleva aproximadamente cuatro años de explotación. La Instalación se encuentra ubicada en la Cayería Norte de la provincia de Villa Clara, a una distancia aproximada de 48 km. al noreste del Municipio de Caibarién, perteneciente a la propia Provincia de Villa Clara, limitando al Norte en el litoral marítimo con el Canal Viejo de las Bahamas, al Sur colinda con lagunas y con el vial principal de acceso a la Cayería, al Este con la casa de negocios a 600 metros en línea recta, y seguidamente a este se encuentra el Hotel Laguna 1 y al Oeste con el Hotel Memories Paraíso Azul. La entidad ocupa un área 17,10 hectáreas, teniendo una capacidad de 846 habitaciones distribuidas en 18 bungalows de tres niveles; es una Unidad subordinada a la Delegación Territorial Centro, perteneciente al Grupo de Turismo Gaviota S.A., construida y diseñada 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, vinculados al turismo.

El hotel tiene, además, un edificio principal, donde se brindan los principales servicios a los huéspedes (lobby, lobby bar, buffet, salas polivalentes, tienda) y las zonas de servicio (administración, cocinas, almacenes, mantenimiento, ama de llaves), y otros edificios comunes. El buffet representa la principal oferta de gastronomía (desayuno, almuerzo y cena) y los restaurantes de especialidades brindan servicio de cena. El hotel presenta una arquitectura de estilo moderno con varios elementos caribeños y el estilo de la decoración propuesto es contemporáneo.

El Hotel Cayo Santa María tiene como objeto social la prestación de servicios hoteleros y turísticos con la finalidad de brindar un producto de calidad al mercado, rigiéndose por las definiciones y principios generales previstos en la Resolución No. 134 de 30 de abril de 2013 del Ministro de Economía y Planificación. Tiene como misión brindar servicios de excelencia en el sector turístico a partir de una óptima explotación de los recursos disponibles y la seguridad de los servicios al cliente y su visión es ser el hotel más solicitado dentro del sector turístico del litoral norte de Cuba, siendo líder en el mercado por la calidad de sus servicios, precios competitivos para los clientes, experiencia, profesionalismo, competencias de sus trabajadores. Todos estos servicios son destinados a satisfacer a un grupo de clientes los cuales se ven identificados con la calidad de los mismos. Dentro de los países emisores principales se destacan: Canadá, Francia, Cuba, Polonia, Gran Bretaña, Italia, España y Finlandia. Para el cumplimiento de la política de calidad, la entidad cuenta con una plantilla de trabajadores, tal como se muestra en la tabla 2.2 y una estructura organizativa reflejada en el anexo 3.

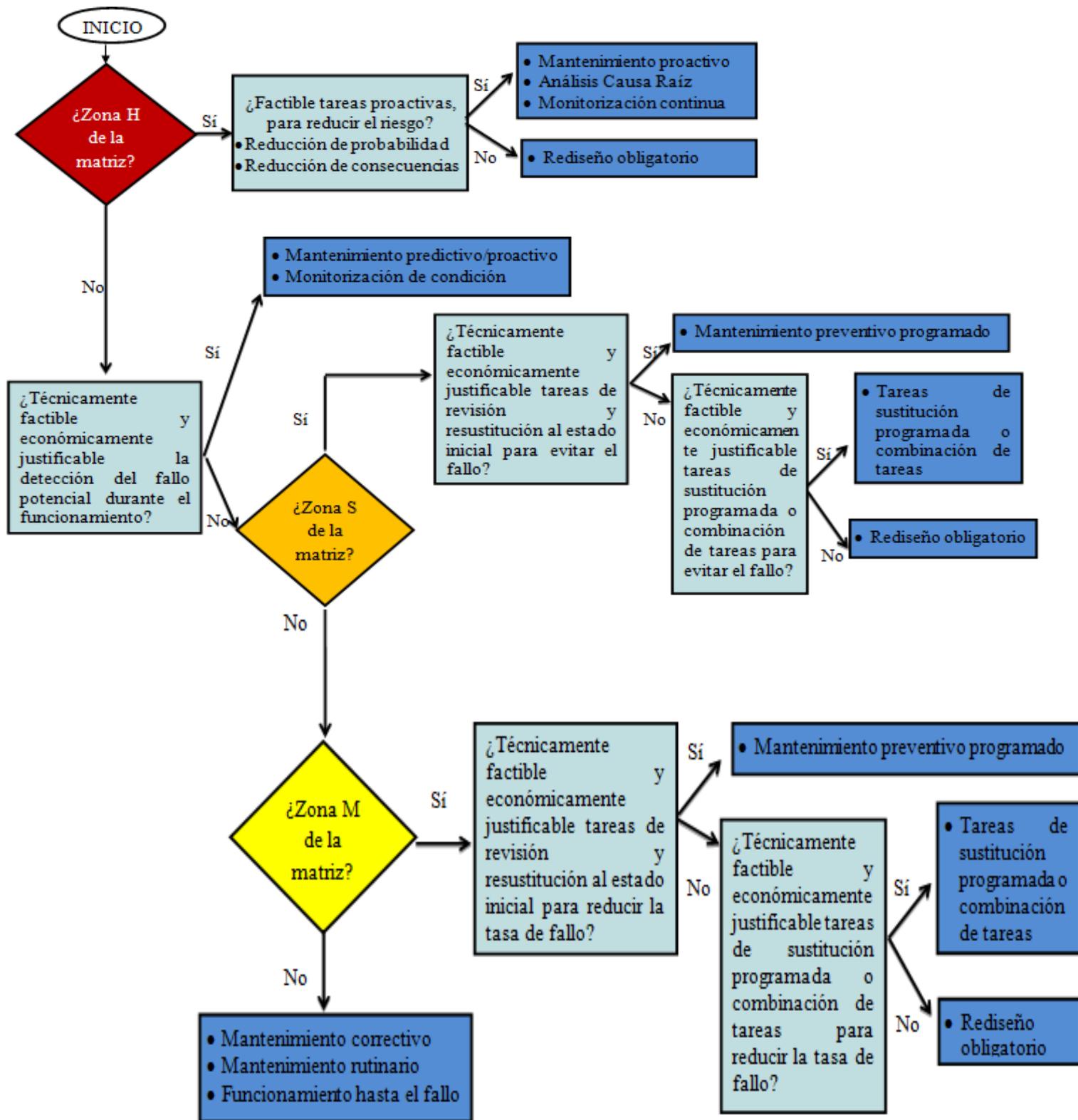


Figura 2.3. Diagrama de decisión para seleccionar las acciones de mantenimiento.

Fuente: García González-Quijano (2004)

Tabla 2.2. Plantilla aprobada y cubierta de la entidad por áreas

Área	Plantilla aprobada	Plantilla cubierta
Dirección general	7	7
Área comercial	2	2
Área de relaciones públicas	4	3
Área de A+B	43	42
Área de piso	38	37
Área de cocina	61	57
Área de animación	14	14
Área de servicios técnicos	16	13
Área de almacén	7	5
Área de jardinería	15	13
Área de economía	11	7
Área de compras	4	2
Área de RRHH	5	3
Área de seguridad y protección	42	38
Área de recepción	17	17
Total	288	264

La ejecución del mantenimiento en la entidad se realiza por dos vías fundamentales, medios propios y servicios de terceros. La plantilla interna del departamento está conformada por 16 trabajadores, según se muestra en la tabla 2.3, los cuales se encargan de realizar actividades como la supervisión, coordinación de los mantenimientos a realizar, el control del funcionamiento de todos los equipos a través de la automática; reparar cajas fuertes de las habitaciones, mandos, televisores y llavines; arreglar problemas eléctricos que presenten los equipos; organización y limpieza en el área de la playa, mantenimiento a equipos e instalaciones de clima y a equipos e instalaciones de refrigeración.

Los servicios de terceros están orientados fundamentalmente a las áreas siguientes:

- Una brigada de 15 trabajadores por cuenta propia (Albañil B, Plomero Instalador, Pintor de Construcción, Carpintero C, Limpiador de Piscina en Centros Turísticos, Mecánicos de Habitación y Comunes) que se mantienen a tiempo completo en la instalación, encargada de dar mantenimiento a la cubierta de edificios, cuarto de equipos, pasillos, escaleras, patinejos, local de camareras, tuberías bajo losa, mantenimiento preventivo y correctivo en las habitaciones, área de la piscina, espejos de agua y en fosos de rebombeo.

- ETECSA: se encarga de dar mantenimiento a los equipos de comunicación.
- COEXTEL: mantenimiento a equipos gastronómicos, de informática, audio, luces y videos.
- CDAI: mantenimiento a la cerradura electrónica, paneles solares y equipos de gimnasia.
- CIMEX: mantenimiento al transporte de circulación interno.
- SEISA: servicios de seguridad integral.
- AUSA: compra y venta de materiales.
- APCI: agencia contra incendio.
- ALMEST: empresa inmobiliaria, arrendamiento de muebles del hotel.
- COSUMIPOL: mantenimiento a servicios especializados como los equipos electrónicos modernos y venta de piezas.

Tabla 2.3. Plantilla aprobada y cubierta en el área de servicios técnicos

Área de servicios técnicos	Plantilla aprobada	Plantilla cubierta
Jefe de servicios técnicos	1	1
Especialista B en servicios técnicos para el turismo	1	-
Técnico en ahorro y uso racional de la energía	1	1
Programador-controlador	1	1
Técnico en servicios técnicos para el turismo	1	-
Electricista B de mantenimiento	5	4
Auxiliar general de área de playa	4	4
Operario C instalador reparador	2	2
TOTAL	16	13

El mantenimiento que se ha aplicado en dicho centro ha incluido tareas preventivas basadas en un plan de Mantenimiento Preventivo Planificado según se referencia por Grupo de Turismo Gaviota S.A (2011) y correctivas, orientado desde la dirección del hotel y a su vez desde la Dirección Territorial Centro GAVIOTA S.A. El mantenimiento preventivo se deriva de la inspección que se realiza en cada una de las áreas por sus encargados para detectar deficiencias que puedan, en algún momento, afectar el proceso de prestación del servicio; mientras que el mantenimiento correctivo se realiza cuando ocurre una rotura o avería imprevista que provoca afectaciones en la prestación del servicio.

2.2.2. Deficiencias principales del sistema de mantenimiento actual

En el desempeño del sistema de mantenimiento actual existen varias deficiencias que traen

consigo que no se realice un mantenimiento con la mayor calidad posible. Según las inspecciones realizadas por la Delegación de Gaviota y un análisis realizado por Martínez Hernández (2014) las principales deficiencias son:

- No existe nivel de preparación de personas para poder realizar la función de supervisores y especialistas para el control de los trabajos realizados.
- El área de mantenimiento no cuenta con todas las herramientas ni los equipos predictivos necesarios para desempeñar su trabajo en calidad y cantidad necesarias.
- El Manual de Servicios Técnicos no está actualizado acorde a las tendencias actuales del mantenimiento, como pueden ser el mantenimiento predictivo, el SAM el RCM, el TPM, MBR, etc. Parte de que el mantenimiento preventivo es a plazo fijo y no variable, lo que genera exceso de costos en la actividad, así como intervenciones innecesarias de los equipos. No se tiene en cuenta tampoco el contexto operacional al que están sometidos los equipos o sistemas por individual.
- El Manual les da el mismo nivel de prioridad a equipos iguales, sin tener en cuenta su función dentro del sistema que él compone, si es unitario o no. No se valora las consecuencias de su rotura, los costos que se generan por esta causa, por no producción, ni los costos de la reparación que se origina luego de una rotura imprevista. Se asume que para equipos genéricamente iguales, se les realiza un mismo tipo de mantenimiento. No se evalúa en ningún momento el contexto operacional.
- En el caso del mantenimiento preventivo diario, no se involucra a todo el personal que utiliza los equipos (camareras, cocineros, dependientes, etc.), recargando al personal de mantenimiento en la realización de trabajos de revisión de rutina para detectar posibles fallos, que de no hacerse por esa persona no tendrán respuesta. Es necesario enfatizar que el primer y principal mantenedor de un equipo, sistema e inmueble es su propio operador. A este nivel debe quedar la limpieza, observación o inspección de cambios de sonido (ruido), temperatura al tacto, revisión de la presión de los neumáticos en los carros, etc.
- Se asume que los únicos tipos de mantenimiento serán los mantenimientos preventivo y correctivo, obviando el mantenimiento predictivo, detectivo y el de línea.
- No se define la persona que atiende el equipamiento gastronómico, la cual debe ser quien le entrega el equipamiento al tercero para su mantenimiento y luego se lo recibe, velando por la calidad de los trabajos realizados.
- No se define el cuadro de los posibles fallos que se generan por equipos y sistemas, el cómo diagnosticarlo, ni las acciones para evitar otros fallos en cascadas (Modos de fallos).

2.3. Aplicación práctica del procedimiento seleccionado

A continuación, se presentan los resultados principales de la aplicación del procedimiento general seleccionado para facilitar el proceso de toma de decisiones para el análisis de riesgo. Para alcanzar el objetivo de esta etapa es necesario utilizar técnicas de trabajo en grupos, siendo la tormenta de ideas o Brainstorming una de las más usadas, participando en él un grupo de expertos. Las actividades planificadas fueron: entrevistas, revisión de documentos de la entidad y reuniones del equipo.

2.3.1. Fase 1: Inicio o preparación

Luego de plantearle y explicarle a la dirección las características y requisitos que deben cumplir los integrantes del equipo de trabajo, se realizó la determinación y selección de los expertos mediante el procedimiento presentado por Hurtado de Mendoza Fernández (2003). El equipo de trabajo quedó conformado por los seis especialistas que se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Grupo de expertos involucrados en el estudio

Cargo que ocupa	Experiencia (años)
Jefe de servicios técnicos	21
Operario en mecánica de clima	16
Especialista energético	29
Electricista B	19
Operario de mantenimiento	20
Programador controlador	10
Técnico de la brigada de COPEXTEL	20

2.3.2. Fase 2: Realizar el levantamiento de los riesgos

Para la selección de los equipos se tuvo en cuenta la información disponible en el resumen mensual de las órdenes de trabajo y del programa @mantener donde se registran todos los reportes de los imprevistos de los equipos diariamente. Según dicha información los equipos fueron seleccionados por el nivel de rotura y reportes por averías, alto consumo energético y la importancia que poseen para brindar el servicio al cliente. En la tabla 2.5 se muestra un grupo de informaciones sobre el equipamiento estudiado.

2.3.3. Fase 3: Realizar el análisis de riesgo

En este epígrafe se desarrolla la aplicación del análisis de riesgo como política de mantenimiento en un grupo de equipos clave de la entidad de objeto de estudio, siguiendo el procedimiento expuesto en el apartado anterior.

Tabla 2.5. Equipamiento seleccionado para la aplicación del análisis de riesgo

Equipo	Cantidad	Modelo	Año de instalación
Cámara fría	21	S4S250	2013
Roof - Top	4	GK-C41TH1AHC	2013
Campana extractora	14	Tipo mural. Acinox 1 mm.	2013
Tostadora	4	TPC-40	2013
Sandwichera	2	ASPES	2013
Sierra sin fin	2	SH-300	2013
Lavavajilla	2	FI-280 D	2013
Mesa caliente	8	MCP-120	2013

Etapas 1. Identificación del contexto operacional

La entidad objeto de estudio posee un régimen de trabajo de dos turnos de ocho horas diarias por siete días de la semana. Los trabajadores tienen el mínimo de condiciones garantizadas: desayuno, almuerzo, comida, ropa y calzado de trabajo, medios de protección individual, entre otros de manera general, el equipamiento está expuesto a un ambiente corrosivo (salinidad).

Etapas 2. Determinación de los componentes del análisis de riesgos

A partir de los riesgos identificados en la fase 2, se realiza un análisis minucioso de los mismos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los pasos de esta etapa.

Paso 1. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia (O)

Los resultados obtenidos a través de la definición de los diferentes criterios y valor de probabilidad muestran la evaluación hecha, en este caso, por el grupo de expertos previamente seleccionados (ver tabla 2.6).

Paso 2. Clasificación de la gravedad del fallo (S)

Las descripciones de los diferentes criterios definidos por el grupo de expertos, donde se deja evidenciada la consecuencia de riesgo asociada a cada fallo, su criterio y valor de probabilidad, se puede observar en la tabla 2.7, que se muestra a continuación.

Tabla 2.6. Cuadro de clasificación de la probabilidad de ocurrencia

Criterio	Contenido	Valor O
A_Alta	El fallo es más frecuente ocurriendo cada tres meses aproximadamente.	10
MA_Media-Alta	El suceso ocurre en un período comprendido entre tres y cinco meses.	8-9
M_Media	El fallo tiene un período de ocurrencia de cinco a nueve meses.	4-7
MB_Media-Baja	El fallo ocurre en un período de nueve meses a un año.	2-3
B_Baja	El fallo ocurre una vez al año.	1

Tabla 2.7. Cuadro de clasificación de la gravedad o severidad de fallo

Criterio	Contenido	Valor S
F_ Muy elevada	Puede ocasionar una contaminación medioambiental fuera de las especificaciones permisibles que puede ocasionar enfermedades a los operarios que laboran en el área además de la pérdida del equipamiento	10
E_ Elevada	Puede presentar graves problemas de salud permanente con peligros para la vida y puede ocasionar una contaminación medioambiental fuera de las especificaciones permisibles, además daño mayor al equipamiento	8-9
D_ Moderada	Puede presentar problemas severos de salud con ingresos hospitalarios, además puede provocar alguna contaminación medioambiental, pero dentro de los límites permisibles y daño relativamente alto al equipamiento	6-7
C_ Baja	Puede presentar leves problemas de salud pero con hospitalización temporal, además puede provocar alguna contaminación medioambiental, pero dentro de los límites permisibles y daño menor al equipamiento	4-5
B_ Escasa	Puede presentar leves problemas de salud pero sin hospitalización, además puede afectar el equipamiento así como provocar alguna contaminación medioambiental, pero dentro de los límites permisibles	2-3
A_ Ínfima	No tiene consecuencia para la salud, medio ambiente y el equipamiento	1

Paso 3. Clasificación de la probabilidad de no detección

Al igual que en el paso 1 y 2, a continuación se muestran, en la tabla 2.8, los resultados obtenidos por el grupo de expertos de las descripciones de los diferentes criterios y su valor de probabilidad.

Tabla 2.8. Cuadro de clasificación de la probabilidad de no detección

Criterio	Contenido	Valor de D
A_Alta	El fallo es muy difícil de detectar por los controles existentes	10
MA_Media-Alta	El fallo es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los controles existentes	8-9
M_Media	El fallo con relativa frecuencia es difícil de detectar por los controles existentes	5-7
MB_Media-Baja	El fallo aunque es obvio y de fácil detección, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería detectado posteriormente	2-4
B_Baja	El fallo es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1

Etapas 3. Cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

El resultado obtenido después de haber realizado el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo para los 74 modos de fallos analizados de cada uno de los equipos seleccionados por el grupo de especialistas se puede observar, junto con la jerarquía de la planta, en el anexo 4.

2.3.4. Fases 4 y 5. Evaluación de riesgos y determinación de las acciones de mantenimiento

En esta fase primeramente se define, por parte de los siete expertos seleccionados, según las características propias del sistema estudiado, el rango de valores del NPR para cada categoría de riesgos. En la tabla 2.9 se muestra el resultado obtenido.

Tabla 2.9. Rango de valores del NPR para cada nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Valor de NPR
Muy alto riesgo o inadmisibles (H)	Más de 80
Alto riesgo o inaceptable (S)	48 a 80
Riesgo tolerable (M)	18 a 48
Riesgo aceptable (L)	1 a 18

El anexo 5 muestra para cada modo de fallo identificado las acciones preventivas de mejora a realizar, el responsable de la tarea y el intervalo a efectuarse, así como los NPR mejorados. Al analizar los resultados obtenidos en el Anexo 5 se puede observar que:

- De los 69 modos de fallo identificados se logró un mejoramiento estimado, en el NPR, de todos ellos luego de propuestas las acciones de mantenimiento a acometer; sin embargo, aún existen quince modos de fallo cuyo NPR no alcanza un nivel aceptable de riesgo.

- El 75% de los modos de fallo presentan un nivel de riesgo aceptable, el 19% un nivel de riesgo tolerable y el 6% un nivel de riesgo inaceptable.

En la figura 2.5 se muestra una comparación de la cantidad de modos de fallos existentes en cada nivel de riesgo, antes y después de definidas las acciones de mejora.

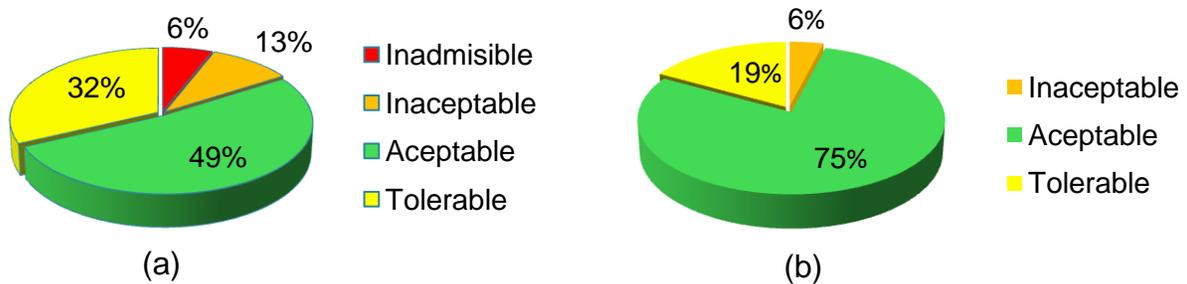


Figura 2.5. Resultados de los niveles de riesgo actual (a) y mejorado (b).

2.4. Conclusiones parciales

1. La aplicación del procedimiento seleccionado al caso de estudio práctico, demostró su capacidad de asistir, aún en condiciones de insuficiencia informativa, un proceso decisional en el contexto abordado por la investigación.
2. La puesta en práctica del procedimiento seleccionado, permitió determinar las acciones de mantenimiento más efectivas a aplicar a cada modo de fallo del equipamiento bajo estudio, incluyendo los componentes principales que lo conforman.

Conclusiones



CONCLUSIONES

1. El análisis de la situación problemática que fundamenta la presente investigación motivó la necesidad de aplicar un procedimiento que facilite la toma de decisiones respecto a las acciones de mantenimiento para cada equipo que considere los elementos referentes al análisis de riesgo, dada la cantidad de situaciones riesgosas, desde el punto de vista técnico, que se presentan en el hotel objeto de estudio práctico de la investigación, específicamente en el equipamiento de la cocina.
2. El estudio de la literatura científica especializada permitió corroborar que se consideró como adecuado el enfoque propuesto por Rodríguez Díaz (2014) para determinar las acciones de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo basado en la metodología del análisis de riesgo, 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.
3. La efectividad del procedimiento empleado quedó demostrada mediante su aplicación en la organización objeto de estudio práctico de la investigación. Ello se evidencia en la definición del nivel de criticidad de los modos de fallo de los equipos a partir de los niveles de riesgo, la determinación de las acciones de mantenimiento a aplicar a cada uno de ellos en aras de disminuir los niveles de riesgos de fallo, y el logro de un mejoramiento del Nivel de Prioridad del Riesgo estimado, quedando con ello solucionado el problema de investigación.

Recomendaciones

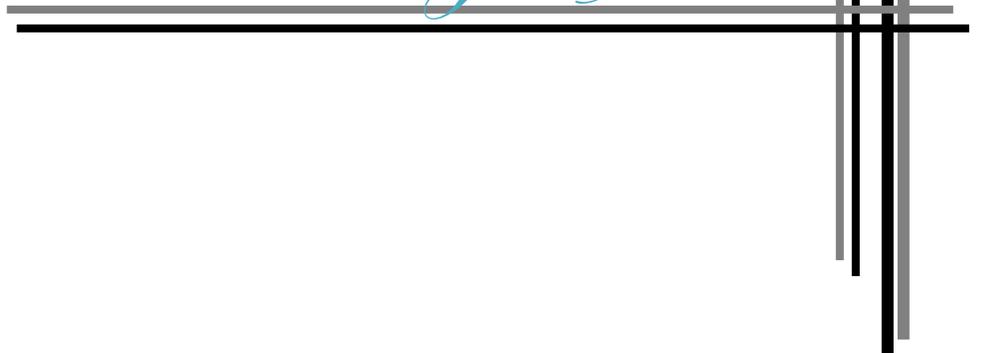


RECOMENDACIONES

Con el fin de motivar la realización de trabajos futuros, que enriquezcan el resultado de la presente investigación, se plantean las recomendaciones siguientes:

1. Proponer a la dirección realizar una valoración de las propuestas de mejora presentadas, en aras de ser aplicadas en el hotel.
2. Realizar investigaciones encaminadas a desarrollar las acciones preventivas planteadas en la presente tesis, poniendo especial énfasis en aquellas donde no se logra una disminución del NPR hasta niveles aceptables.
3. Extender la aplicación del procedimiento empleado al resto del equipamiento del hotel, analizando la factibilidad de su implantación, y considerando las modificaciones que en cada caso pudieran ser necesarias.

Bibliografia



BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta Palmer, H. R. (2012) "Auditoría y Evaluación de la Gestión de la Calidad en el Mantenimiento". Centros de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento. La Habana, Cuba.
2. Aguilar De Oro, Y. (2012) "Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo". Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.
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. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Clara. Cuba.
4. Alrabghi, A. y Ashutosh, T. (2015) "State of the art in simulation-based optimisation for maintenance systems". Computers & Industrial Engineering. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/caie.
5. Alsyouf, I. (2009) "Maintenance practices in Swedish industries: Survey results". International Journal of Production Economics, Vol. 121.
6. Amaris Arias, J. B. (2006) "Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia". Ponencia presentada en el V Congreso Cubano de Mantenimiento. III CIMEI. Santa Clara, Cuba.
7. Améndola, L. (2005) "Balanced Scorecard Maintenance .Sistemas Balanceados de Indicadores". Valencia, España.
8. Antoniou, A. y Lu, W. (2007) "Practical Optimization: Algorithms and Engineering Applications". In: Editorial Springer Science, U. D. V. (ed.). Universidad de Victoria, Canada, p. 669.
9. Aragón, G. D., Arango, F. O. y Aranda, F. C. (2016) "Cálculo del valor en riesgo operacional mediante redes bayesianas para una empresa financiera". Contaduría y administración, Vol. 61, pp. 176-201.
10. Arslankaya, S. (2015) "Maintenance management and lean manufacturing practices in a firm which produces dairy products". International Strategic Management Conference.
11. Arunraj, N. y Maiti, J. (2010) "Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming". Vol. 48, pp. 238-247. <http://www.sciencedirect.com/science>. Consultado en marzo, 5, 2014.
12. Balam Mena, J. y Gameros, F. (2015) "Revista Internacional Administración & Finanzas". Forthcoming, Vol. 8, pp. 37-53.

13. Betancourt Conde, J. (2016) "Mejoramiento de la gestión de inventario en la Empresa Constructora de Obras de Arquitecturas e Industriales No. 1 de Villa Clara a partir del análisis de riesgo". Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.
14. Borboa Santamaría, A. (2010) "Desarrollo de una matriz de evaluación de riesgo operacionales para superintendencia de mantenimiento de la plataforma (MAP), de una empresa petrolera en Puerto la Cruz, en estado Anzoátegui". Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial. Universidad de Oriente, Venezuela.
15. Borroto Pentón, Y. (2005) "Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara". Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
16. Brennan, F. (2013) "Risk based maintenance for offshore wind structures". Procedia CIRP, Vol. 11, pp. 296-300. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827113004940>. Consultado en marzo, 8, 2014.
17. Broche Hernández, L. E. (2015) "Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la línea de producción de Refrescos Carbonatados en la UEB Embotelladora Central Osvaldo Socarrás Martínez". Trabajo de Diploma para obtener el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
18. Brown, A. S. (2014) "A Handbook for Clinical and Biomedical Engineers". Primera Edición. USA, p. 435.
19. Casares, I. (2013) "Proceso de Gestión de Riesgos y Seguros en las empresas". España: Molinuevo, Gráficos, SL.
20. Castellanos López, I. (2015) "Selección del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento del Gran Hotel Los Helechos". Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
21. Céspedes Hernández, M. 2016. Contribución al mejoramiento del mantenimiento en la residencia estudiantil de la Sede Central de la UCLV. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.

22. Chávez Salazar, H. y Espinosa Girón, R. (2016) "Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja SRL".
23. Chemweno, P., Pintelon, L., Horenbeek, A., Muchiri, P. (2015) "Development of a risk assessment selection methodology for asset maintenance decision making: An analytic network process (ANP) approach". Production Economics. journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijpe.
24. Christensen, C. (2006) "Criticidad de equipos". <http://www.clubdemantenimiento.com>. Última consulta: 16.11.2008.
25. Cotts, D. G., Roper, O. K. y Payant, R. P. (2010) "The facility management handbook". Tercera Edición. , p. 436.
26. De la Paz Martínez, E. M. (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. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
27. De la Paz Martínez, E. M. (2015) "Una nueva visión en la Gestión del mantenimiento". Nuevas herramientas para la gestión de la ingeniería del mantenimiento y sus aplicaciones. Delegada COPIMAN, Cuba.
28. De la Paz Martínez, E. M., Espinosa Martínez, J. Y Espinosa Pedraja, R. (2006) "Desarrollo de un Sistema Integral de Mantenimiento en la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas".
29. Diamantoulaki, I. y Angelides, D. C. (2013) "Risk-based maintenance scheduling using monitoring data for moored floating breakwaters". Structural Safety, Vol. 41, pp. 107-118. <http://wzw.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167473012000720>. Consultado en marzo, 4, 2014.
30. Díaz Cajas , C. S. (2008) "Automatización del Análisis de modos de fallas y efectos FMEA en la ingeniería de mantenimiento aplicado para la industria ecuatoriana". Tesis para optar al Título de: Ingeniero Civil en Obras Civiles., Escuela politécnica nacional. Quito, Ecuador.
31. Dickerson, D. E. (2016) "Risk-based Maintenance Management of U.S. Public School Facilities". International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction, pp. 685-692. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.
32. Dumaguala Encalada, E. M. (2014) "Gestión e implementación del plan de mantenimiento en los laboratorios del área de Ingeniería Mecánica en la Universidad Politécnica

Salesiana Sede Cuenca". Trabajo de Diploma para obtener el título de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. .

33. Duvivier, D., Mesken, S. N. y Ahues, M. (2013) "A fast multicriteria decision-making tool for industrial scheduling problems". International Journal of Production Economics , Vol. 145, No. 2, pp. 753–760. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552731300270>. Consultado en febrero, 21, 2014.
34. Enciso y Casares (2011) "El proceso de gestión de riesgos como componente integral de la gestión empresarial". Boletín de estudios económicos, pp. 66-73.
35. Espinosa Fuentes, F. (2006) "Metodología para innovación da gestión de manutención industrial". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería Mecánica., Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
36. Espinosa Fuentes, F. (2013) "Análisis de riesgo en planta usando árboles de eventos". Universidad de Talca.
37. Espinosa Fuentes, F. (2013) "EL mejoramiento continuo: Conceptos para el mantenimiento industrial". Universidad de Talca.
38. Espinosa Fuentes, F. (2013) "Gerenciar el mantenimiento". Gerenciar el mantenimiento. Universidad de Talca.
39. Espinosa Fuentes, F. (2013) "Identificación de Sistemas de Gestión para mantenimiento industrial". Universidad de Talca.
40. Espinosa Fuentes, F. (2014) "Desarrollando el modelo RCM". Charlas especiales para la gestion del mantenimiento. Universidad de Talca.
41. Fernández Llanes, R. (2011) "Procedimiento para determinar el tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
42. Fernández Llanzhi, I. E. (2017) "Análisis de Modos de Falla del sistema de inyección electrónica de combustible Multec Delphi". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Mecánico Automotriz. Univesidad Politécnica Salesiana. Sede Cuenca.
43. Floriana, M. (2015) "Planning of operation & maintenance using risk and reliability based methods". Energy Procedia, Vol. 80, pp. 357-364. www.sciencedirect.com.
44. García Garrido, S. (2009) "Auditorías de mantenimiento". Editorial RENOVETEC. Madrid.
45. García Garrido, S. (2010) "Organización y gestión integral de mantenimiento". SG Garrido - 2010 - books.google.com.
46. 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)". Tesis en opción al grado académico de Master en Gestión Técnica y Económica en el sector eléctrico. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.

47. 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".
48. Gintautas, T., Dalsgaard, J. y Ringdalen, V. (2016) "Towards a risk-based decision support for offshore wind turbine installation and operation & maintenance". Energy Procedia, Vol. 94, pp. 207-217. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.
49. González Fernández, F. J. (2007) "Contratación avanzada del mantenimiento". Ediciones Díaz de Santos, S. A. España, p. 260.
50. González Rocha, Á. M. (2006) "Modelo Gerencial de Mantenimiento para la Planta Manufacturas de Cemento S.A." Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.
51. Grupo de turismo Gaviota S.A (2011) "Manual de Servicios Tecnicos" (SS.TT).
52. Gutiérrez, E., Agüero, M. y Calixto, I. (2007) "Análisis de criticidad integral de activos". Maracaibo – Estado Zulia – Venezuela. <http://www.reliarisk.com>.
53. Gutiérrez, E., Trejo, E., Medina, R., Siblesz, P. (2015) "Cuidado Integral de Activos (IAC)".
54. Hameed, F. A. (2015) "Title: A Risk-based Shutdown Inspection and Maintenance Interval considering Human Error". <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.psep.2015.11.011>.
55. Harris, R. (2013) "HAZOP, FMEA, FMECA criticality assessment etc". Management of reliability, maintenance, safety & risk.
56. Hernández Alfonso, C. E. (2017) Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento del Sistema de Clima en el Hotel Valentín "Perla Blanca". Trabajo de diploma presentado para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
57. Hernández Gómez, A., Escobar Toledo, C., Larios Prado, J. M. y Noriega Morales, S. (2014) "Factores críticos de éxito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la exportación en Ciudad Juárez: una solución factorial" en Contaduría y Administración.
58. Hernández Milia, R. (2010) "Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de selección del sistema de mantenimiento". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Cuba.

59. Hurtado de Mendoza Fernández, S. (2003) "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy". <http://www.ub.es/histodidactica/Epistemolog%EDa/Delphy.htm> consulta: 21.01.2009.
60. Igbaa, J., ALemzadeha, K., Anyanwu-ebob, I., Gibbonsa, P. y Friisb, J. (2013) "A Systems Approach towards Reliability-Centred Maintenance (RCM) of Wind Turbines". Vol. 16, pp. 814-826. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913000860>.
61. ISO 9000 (2015) "Sistemas de Gestión de la Calidad".
62. ISO 31000 (2015) Gestion del riesgo. Principios y directrices.
63. ISO 31010 (2015) Gestión del riesgo-Tecnicas de apreciación del riesgo.
64. Jaimes Pineda, S. A. (2010) "Desarrollo de una metodología para la evaluación de integridad y extensión de vida útil de calderas pirotubulares, basada en inspección y mantenimiento implementada a la caldera de bienestar universitario de la UIS". Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería Físico-Mecánico. Universidad Industrial de Santander, Buaramanga.
65. Jamshidia, A., Abbasgholizadeh, S., Ait-Kadia, D., Ruiz, Á. (2015) "A comprehensive fuzzy risk-based maintenance framework for prioritization of medical devices". Vol. 32, pp. 322-334. journal home page: www.elsevier.com/locate/asoc.
66. Kallen, M. J. (2009) "Risk and decision analysis in Maintenance Optimization and Flood Management". Editado por IOS Press BV NieuweHemweg, Amsterdam, Holanda.
67. Kamsu-Foguem, B. (2016) "Information structuring and risk-based inspection for the marine oil pipelines". Vol. 56, pp. 132-142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apor.2016.01.009>.
68. Kiran, S., Prajeeth Kumar, K.P., Sreejith, B. y Muralidharan, M. (2016) "Reliability evaluation and Risk based maintenance in a process plant". Procedia Engineering, 24, 576-583. .
69. León Márquez, O. (2012) "Determinación del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo de la Unidad Básica de Producciones Metálicas El Vaquerito". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial., Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo Carrera de Ingeniería Industria, Santa Clara, Cuba.
70. Leong, T. K. y. Zakuan., N. (2012) "Quality Management Maintenance and Practices". International Congress on Interdisciplinary Business and Social Science 2012. Vol. 65, pp. 688-696. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812051701>.
71. Leveson, N. (2015) "A systems approach to risk management through leading safety indicators". Reliability Engineering & System Safety, Vol. 136, pp. 17-34.

72. Li, L. y Ni, J. (2009) "Short-term decision support system for maintenance task prioritization. International journal of production economics". Vol. 121, pp. 195-202 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527309001571>. Consultado en marzo, 8, 2014.
73. López García, J. (2013) "Gestión del Mantenimiento eficiente: Las cinco generaciones del Mantenimiento". http://www.google scholar.com/articles/las_cinco_generaciones.
74. Lust, T., Roux, O. y Riane, F. (2009) "Exact and heuristic methods for the selective maintenance problem". European Journal of Operational Research. Vol. 197, pp. 1166-1177. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221708003081>. Consultado en marzo, 10, 2014.
75. Llerena Morera, D. (2016) "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a equipos más consumidores de energía eléctrica del Hotel Cayo Santa María". Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniería Industrial., Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
76. Manzini, R., Hoang, P. y Ferrari, E. (2010). "Maintenance for Industrial Systems". Springer Science. Estados Unidos.
77. Mao, S. y Jia, Y. (2013) "Construction of the A ring of halichomycin via a RCM strategy". Tetrahedron Letters, Vol. 54, pp. 4343-4345. <http://www.sciencedirect.com/science/article/p>. Consultado en febrero, 27, 2014.
78. Martínez Hernández, E. (2014) "Diagnóstico de la actividad de Mantenimiento en los hoteles de Gaviota en el Territorio Centro". . Trabajo final del diplomado de dirección y gestión empresarial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
79. Martínez Monseco (2013) "Diseño de un plan de mantenimiento para un equipo de alta fiabilidad". Vol. 301, pp. 40-53.
80. Martínez Silva, L. A. (2014) "Plan de prevención de riesgos laborales e higiene industrial en el taller de carrocerías marba de la ciudad de baños de agua santa". Tesis de grado. Riobamba–Ecuador.
81. Masayuki, M. (2009) "Manufacturing and Service Enterprise with Risk". A Stochastic Management Approach. Springer Science. Japón.
82. Ministerio del turismo (2010) Resolución 150.
83. Mkandawirea, B. O. B., Ijumbab, N. y Saha, A. (2015) "Transformer risk modelling by stochastic augmentation of reliability-centred maintenance". Vol. 119, pp. 471-477. journal homepage: www.elsevier.com/locate/epsr.

84. Molpeceres, A. (2012) "Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País. Experiencias y Herramientas de aplicación a nivel regional y local". PNUD Chile: Programa de las naciones unidas para el desarrollo.
85. Mora Gutiérrez, A. (2009) "Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque Sistemático Kantiano" Segunda Edición AMG. Medellín, Colombia.
86. Mora Gutiérrez, A. (2012) "Mantenimiento Industrial Efectivo". Editorial Coldi. Medellín, Colombia. www.pdfactory.com.
87. Moradkhani, A., Haghifam, M. R. y Mostafa, S. A. (2015) "Risk based maintenance scheduling in the presence of reward penalty scheme". Vol. 12, pp. 126-133. Journal home page: www.elsevier.com/locate/epsr.
88. Moreno Escudero, E. D. y Rubiano Sánchez, J. I. (2010) "Modelo de un plan de mantenimiento basado en la metodología RBI (Inspección basado en riesgo) para equipos críticos de una estación de cargadero de nafta". Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander Aseduis, Bogotá.
89. Mostafa, S., Dumrak, J. y Soltan, H. (2015) "Lean maintenance roadmap". 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference.
90. Moubray, J. (2004) "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad". Edición en Español, United Kingdom. Aladon Ltd.
91. Muñoz, E. S. (2013) "Generar un AMFE en 11 pasos". Blog profesional dedicado a la Ingeniería Industrial. <http://blog.enrimusa.com/generar-un-amfe-en-11-pasos/>.
92. Narváez Rosero, M. D. P. (2014) "Gestión de riesgos en la fase de diseño para proyectos de construcción utilizando la guía PMBOK". Universidad Militar Nueva Granada.
93. Nieto Martínez, A., Villalba, W. y Olmos, L. (2015) "Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el sector productivo de bienes y servicios". Cuaderno Activa, Vol. 7, pp. 123-134.
94. Norman, T. (2012) "System Management, Maintenance, and Repair". Electronic Access Control, pp. 401-410. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B97801238202800>. Consultado en febrero, 24, 2013. Opción al grado científico de Doctor en Filosofía. Universidad de Vaxjo, Suecia.
95. Olives Masip, R. (2015). "Mantenimiento preventivo". Dirección General de Relaciones Laborales y Calidad en el Trabajo. Barcelona.
96. Ospino Ibarra, M. L. (2012) "Análisis de riesgo cualitativo de un proyecto de construcción. Aplicativo en una tienda de conveniencia "Listo!"–Primax".

97. Paredes Rodríguez, F. (2005) Lean Maintenance "El nuevo enfoque para optimizar el mantenimiento" [En línea]. <http://www.lean-vision.com>
98. Parra Márquez, C. A. y Crespo Márquez, A. (2012) "Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos". INGEMAN. Sevilla, España.
99. Pavan, M. (2009). "Multicriteria Decision-Making Methods. Chemical and Biochemical Data Analysis". Vol. 1, pp. 591–629.<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978>. Consultado en febrero, 23, 2014.
100. PCC (2011) "Lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución".
101. PCC (2016) Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista.
102. 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". Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
103. Pérez Borrajo, A. (2014) "Desarrollo de un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos". Tesis presentada para optar por el Título Académico de Ingeniería Industrial. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
104. 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". Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniería Industrial., Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba..
105. 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". Trabajo de Diploma. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
106. Recchia et. al., L. (2011) "Multicriteria Analysis and LCA Techniques". Springer Science, Inglaterra.
107. Rivero Rodríguez, L. D. (2016) "Herramienta informática para la gestión de mantenimiento en el hotel "Meliá Las Dunas". Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.

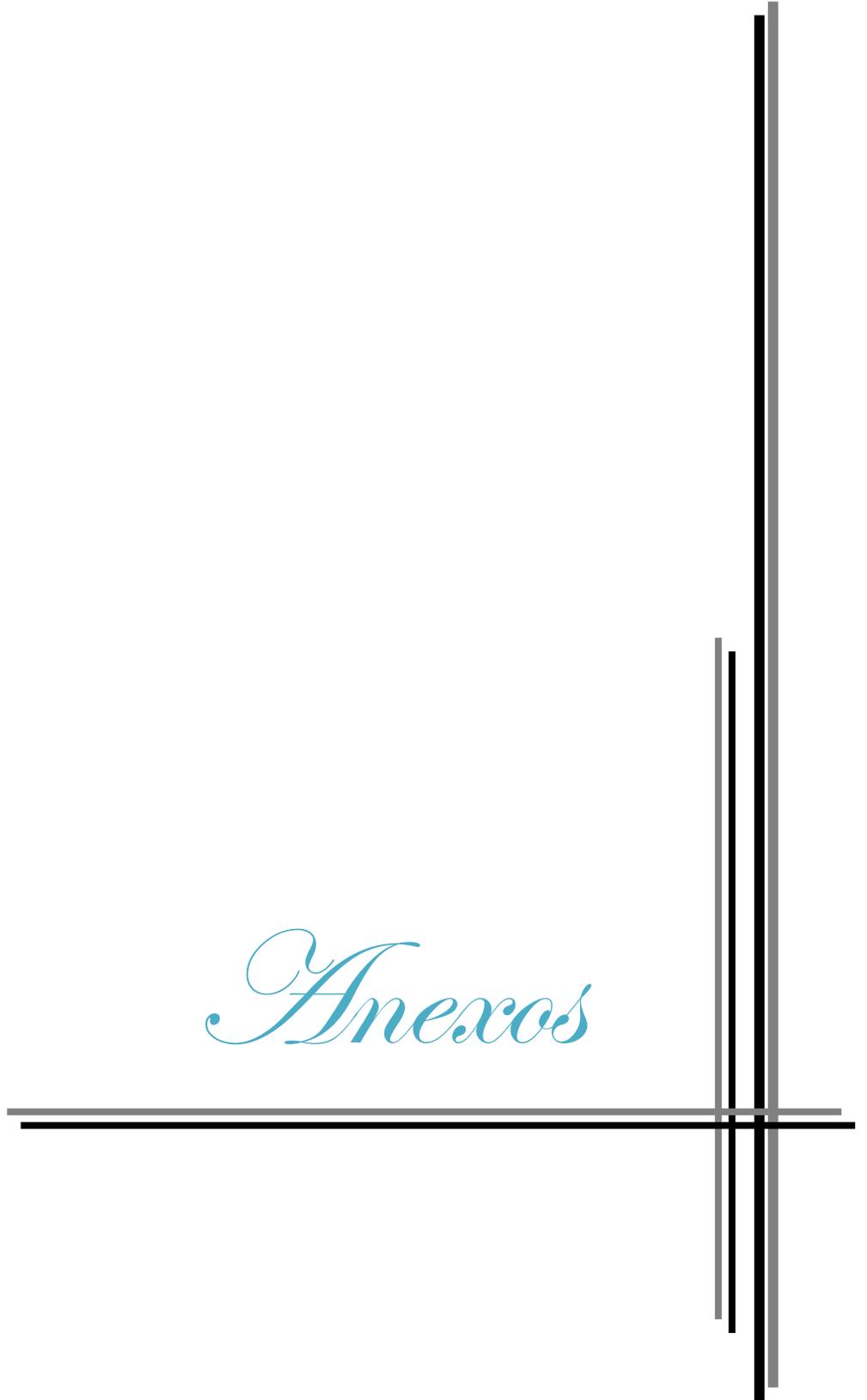
108. Rodríguez Díaz, Y. (2014) "Definición de la política de mantenimiento para el equipamiento productivo de la UEB "Elpidio Sosa" de la Electroquímica de Sagua la Grande a partir de la metodología de Análisis de riesgo". Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ingeniería Industrial. Mención Mantenimiento. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Departamento de Ingeniería Industria. Santa Clara ,Cuba.
109. Rodríguez Hernández, R. (2012) "Propuesta de procedimiento para la selección del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
110. Rodríguez Machado, A. (2012) "Manual de Gestión del Mantenimiento". Trabajo de Diploma. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.
111. Romeral, L. M. y Torres Gallego, Á. (2008) "Gestión de los riesgos tecnológicos". Revista de Procesos y Métricas de las tecnologías de la información, Vol. 5, pp. 15-23.
112. Romerio, F. (2000) "Les Risques Liés a la Libéralisation du Marché de L'électricité: Problématique et Solutions. Universidad de Genova".
113. Roy, R., Stark, R. y Tracht, K. (2016) "Continuous maintenance and the future – Foundations and technological challenges". CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 65, pp. 667-688. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.006>.
114. Salguero Manosalvas, M. F. (2010) "Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento estratégico aplicando las filosofías RCM y FMEA a las máquinas y herramientas de la empresa Weatherford South America Inc, base1,Francisco De Orellana." Sangolquí.
115. Santos Rubio, R. M. G., Muñoz de la Corte, R., Velázquez-López, M. D. y Bautista-Paloma, F. J. (2016) "Análisis modal de fallos y efectos aplicado a la elaboración de citostáticos intravenosos". Calidad asistencial, Vol. 31, pp. 106-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cali.2015.07.003>.
116. Seyedshohadaie, S. R., Damnjanovic, I. y Butenko, S. (2010) "Risk-based maintenance and rehabilitation decisions for transportation infrastructure networks. Transportation Research Part A: Policy and Practice". Vol. 44, pp. 236-248.
117. Shen, C. (2015) "Discussion on key successful factors of TPM in enterprises". Journal of Applied Research and Technology".

118. Sidibe, I. B., Khatab, A., Diallo, C. y Kassambara, A. (2016) "Preventive maintenance optimization for a stochastically degrading system with a random initial age". Reliability Engineering and System Safety. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2016.11.018>.
119. Sinha, Y. (2015) "A progressive study into offshore wind farm maintenance optimisation using risk based failure analysis". Vol. 42, pp. 735-742. journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser.
120. Sondalini, M. (2002) "Win Production and manufacturing over to doing better maintenance with this new equipment criticality rating method that uses the real costs of production loss". Lifetime Reliability Solutions. <http://www.lifetime-reliability.com/ABC%20Based%20Equipment%20Criticality.pdf>. Última consulta: 18.01.2009.v.
121. Sondalini, M. (2009) "Plant and Equipment Wellness. Equipment Reliability and Maximum Life Cycle Profits, Engineers Media".
122. Sosa Martínez, D. A. (2016) "Selección del tipo de mantenimiento a aplicar en los sistemas tecnológicos y equipos del Kurhotel Escambray". Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
123. Stefano, L. (2006) "Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators". Tesis en opción al grado de Especialista en Administración de la Ingeniería. Universidad de Pisa. Italia.
124. Syed, F., Hassan, U. y Perwez, A. (2015) "Free Cooling Investigation of RCMS Data Center" en Elsevier.
125. Tavares, L. A. (2006) "Administración Moderna de Mantenimiento". Novo Polo Publicacoes. Brasil.
126. Tomlinsong, P. D. (2010) "Equipment Management. Key to Equipment Reliability and Productivity in Mining". Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME). Estados Unidos.
127. Torres, J. (1997) "Manutención Centrada en Confiabilidad. Manual de directrizes da linha seg: Uma proposta para racionalização das tarefas e redução do custo de manutenção". Seminario de Manutenção CEMAN. Seminario de Manutenção CEMAN. Brasil.
128. Torres, L. D. (2005) "Mantenimiento. Su Implementación y Gestión". Datastream Systems, Inc., Argentina.
129. Torres Rodríguez, M. (2008) "Tecnología para la Gestión de los Servicios Técnicos en Hoteles de sol y playa. Aplicación en hoteles del Polo Turístico de Guardalavaca". Tesis

presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Holguín, Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".

130. Truong, B. H., Cholette, M.E, Borghesani, P. y Zhou, Y. B. (2017) "Opportunistic maintenance considering non-homogenous opportunity arrivals and stochastic opportunity durations". *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 160, pp. 151-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2016.12.011>.
131. Velázquez Pérez, E. (2014) "Implementación del sistema alternativo de Mantenimiento en la Empresa Gráfica de Villa Clara". Tesis presentada en opción al título académico de master en Ingeniería Industrial, mención mantenimiento.
132. Verdecia Fusté, Y. (2010) "Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) a equipos del Combinado Lácteo de Morón, Ciego de Ávila". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
133. Villada Duque, F. (2016) "El mantenimiento como estrategia competitiva". Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
134. Villanueva Altez, L. F. (2009) "Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Un estudio de Técnicas y Herramientas de Gestión de Riesgos en la Etapa de Construcción". Pontificia Universidad Católica del Perú.
135. Wang, W. (2010) "A model for maintenance service contract design, negotiation and optimization". *European Journal of Operational Research*. Vol. 201, No. 1, pp. 239–246. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221709001131>.
136. Willmott, P. (2001) "TPM -A Route to World-Class Performance". Delhi, India Butterworth-Heinemann.
137. Wu, D., Yuan, C., Kumfer, W. y Liu, H. (2016) "A Life-Cycle Optimization Model Using Semi-Markov Process for Highway Bridge Maintenance". <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2016.10.038>.
138. Yssaad, B., Khiat, M. y Chaker, A. (2014) "Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems". Vol. 55, pp. 108-115, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061513003669>.
139. Zhang, J., Huang, X., Fang, Y., Zhou, J., Zhang, H. y Li, J. (2016) "Optimal Inspection-based Preventive maintenance policy for three-state mechanical components under competing failure modes". <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2016.02.007>.

Anexos



Anexo 1. Definiciones de riesgos según varios autores

Autor	Año	Concepto de riesgo
García Soldevilla	1990	Entiende el concepto de riesgo como un factor cualitativo que describe cierto grado de incertidumbre sobre los resultados futuros de la inversión. También lo conceptualiza como “situaciones donde la probabilidad puede aplicarse a los resultados futuros”.
Cooper & Chapman	1994	Riesgo es la exposición a la posibilidad de pérdidas económicas y financieras, de daños en las cosas y en las personas o de otros perjuicios como consecuencia de la incertidumbre que origina el llevar a cabo una acción.
Escuela Cubana de Seguros	1995	Posibilidad de que por azar ocurra un hecho que produzca una necesidad patrimonial. Es decir, se plantea que se soporta un riesgo cuando se sufren las consecuencias de la ocurrencia de un hecho previsto como posible.
Baca Gómez	1997	El riesgo incontrolado hace que el logro de los objetivos sea incierto.
Banco Central de Cuba	1997	Contingencia o eventualidad de un daño o de una pérdida como consecuencia de cualquier clase de actividad y cuyo aseguramiento, cuando sea posible, puede ser objeto de contrato.
Casa Savedras	1997	El riesgo es la posibilidad de que un evento o acción pueda afectar en forma adversa a la organización.
Jorion	1999	Volatilidad de los flujos financieros esperados, generalmente derivada del valor de los activos o los pasivos.
Estándar Australiano (AS/NZS 4360)	1999	La posibilidad de que suceda algo que tendrá un impacto sobre los objetivos.
Universidad Nacional de Colombia	2001	Posibilidad de ocurrencia de aquella situación que pueda entorpecer el normal desarrollo de las funciones de la entidad y le impidan el logro de sus objetivos.

Anexo 1. Continuación...

Fragoso	2002	Potencial de pérdidas que existe asociado a una operación productiva, cuando cambian en forma no planeada las condiciones definidas como estándares para garantizar el funcionamiento de un proceso o del sistema productivo en su conjunto.
Rodríguez, Frías C & Souquetc	2002	Probabilidad de que los precios de los activos que se tengan en un portafolio se muevan adversamente ante cambios en las variables macroeconómicas que los determinan.
Quirós	2003	El riesgo no es más que la probabilidad de ocurrencia de hechos y fenómenos internos y externos que pueden afectar el cumplimiento de los objetivos en la organización.
Federation of European Risk Management Associations (FERMA)	2003	El riesgo se puede definir como la combinación de la probabilidad de un suceso y sus consecuencias).
De la Fuente	2003	El riesgo es la incertidumbre acerca de un evento futuro asociado tanto a un resultado favorable como a un resultado adverso. Desde el punto de vista del análisis financiero, el interés es observar aquellos eventos que como resultado de la incertidumbre, producen pérdidas a una institución.
Universidad Nacional de Colombia	2004	El riesgo es una medida de incertidumbre que refleja hechos presentes o futuros que pueden ocasionar una ruptura en el flujo de información o incumplimiento en el logro de los objetivos organizacionales.
Dorta	2004	El riesgo es una posibilidad de sufrir una pérdida o no.
Gonzalo Alonso	2005	Desde el punto de vista estadístico, el riesgo se define como la esperanza matemática de la pérdida.

Anexo 1. Continuación...

Edwin Gutiérrez	2007	El riesgo es un término de naturaleza probabilística, que se define como “egresos o pérdidas probables consecuencia de la probable ocurrencia de un evento no deseado o falla”.
Hurtado Turiño	2007	Entiéndase por riesgo la existencia de contextos con resultados diferentes a los previstos, debido a la ocurrencia de un acontecimiento fortuito e incierto que en un momento dado podrá interponerse en el cumplimiento de las metas y objetivos trazados por la organización y que tendrá su origen en la interrelación de tres componentes esenciales: Severidad o magnitud. Frecuencia o incertidumbre de ocurrencia. Nivel de Riesgos.
Prieto Pérez	2008	El riesgo en si lleva la idea de Posibilidad de pérdida que implica posibilidades de pérdidas no compensadas con posibilidades de ganancias
Guillermo Cabanellas	2008	El riesgo es la contingencia, probabilidad, proximidad de un daño. Peligro.
Mejía Correa	2009	El riesgo es la combinación de la probabilidad de algún evento que ocurre durante un periodo de tiempo de interés y las consecuencias (generalmente negativas) asociadas con el evento
Meriño Amador	2011	El riesgo es valorado por una medida subjetiva de la gravedad de los efectos y una estimación de la probabilidad de ocurrencia por un periodo de tiempo predeterminado.
Romero Sánchez	2012	Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso no deseado que puede ocasionar daños o perdidas.
Casares	2013	<ul style="list-style-type: none"> • La incertidumbre sobre la ocurrencia y la magnitud de un suceso con efectos negativos. • Posibilidad de que un peligro se materialice sobre un sujeto causando un daño. Dicha materialización se denomina accidente o siniestro. • En terminología de seguros, un riesgo puede ser el sujeto expuesto a una contingencia objeto de un seguro.
ISO:31000	2015	Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso no deseado que puede ocasionar daños o perdidas.

Fuente: Actualizado de Betancourt Conde (2016).

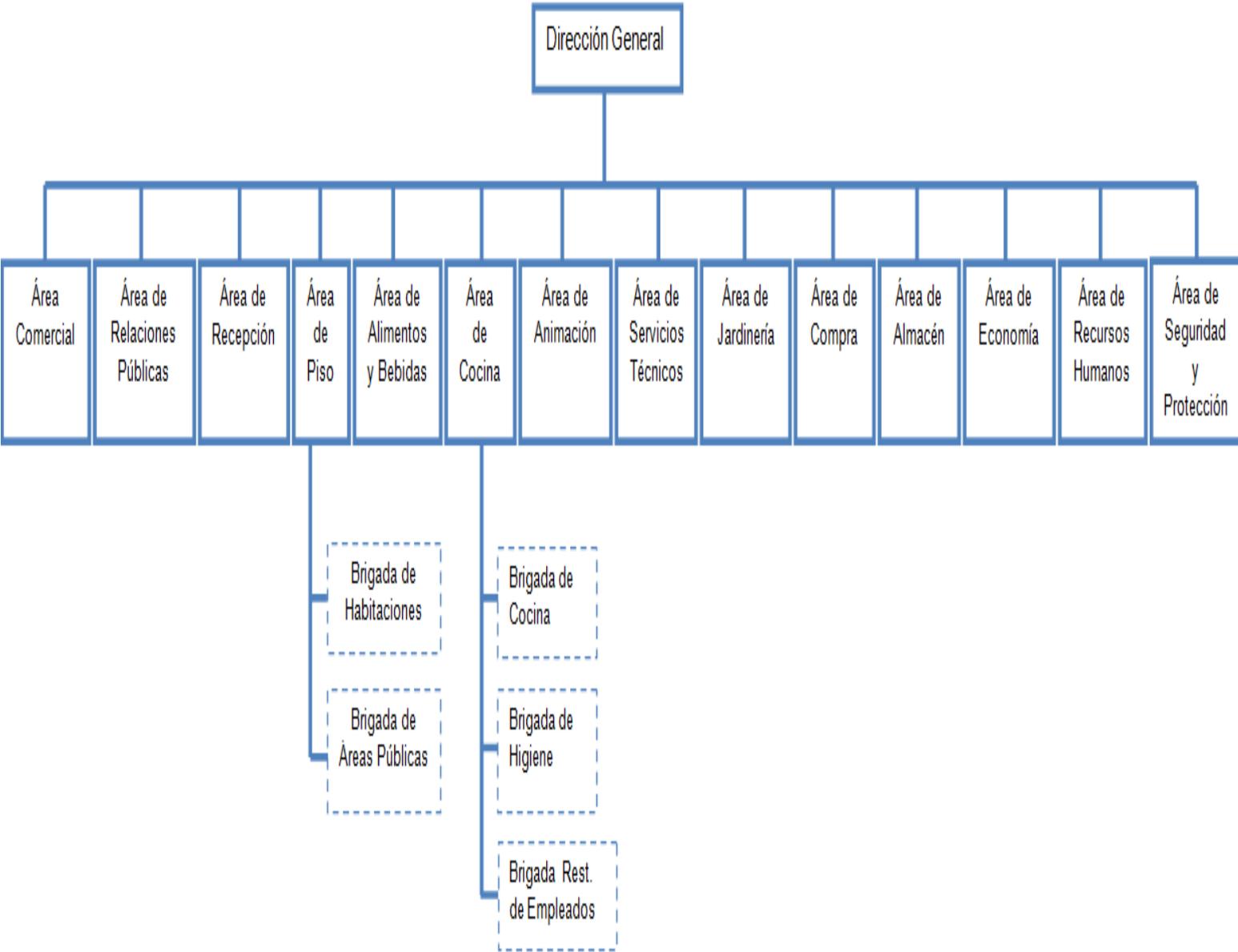
Anexo 2. Herramientas utilizadas para la evaluación del riesgo

Tabla 1: Herramientas utilizadas para la evaluación del riesgo: aplicación (ISO 31010)

Herramientas y técnicas	Proceso de evaluación del riesgo				
	Identificación del riesgo	Análisis del riesgo			Evaluación del riesgo
		Consecuencia	Probabilidad	Nivel de riesgo	
Tormenta de ideas (Brainstorming)	FA	NA	NA	NA	NA
Entrevistas estructuradas o semiestructuradas	FA	NA	NA	NA	NA
Delphi	FA	NA	NA	NA	NA
Lista verificación (Check-lists)	FA	NA	NA	NA	NA
Análisis preliminar de riesgos	FA	NA	NA	NA	NA
Estudios de riesgos operacionales (HAZOP)	FA	FA	A	A	A
Análisis de riesgos y puntos de control críticos (HACCP)	FA	FA	NA	NA	FA
Valoración de riesgo medioambiental	FA	FA	FA	FA	FA
Que pasaría si (What if)	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de escenario	FA	FA	A	A	A
Análisis del impacto en el negocio	A	FA	A	A	A
Análisis de causa	NA	FA	FA	FA	FA
Análisis modal de fallos potenciales y sus efectos (ANFE-FMEA)	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de árbol de fallos	A	NA	FA	A	A
Análisis de árbol de sucesos	A	FA	A	A	NA
Análisis de causa consecuencia	A	FA	FA	A	A
Análisis de causa efecto	FA	FA	NA	NA	NA
Análisis de niveles de protección	A	FA	A	A	NA
Árbol de decisión	NA	FA	FA	A	A
Análisis de fiabilidad humana	FA	FA	FA	FA	A
Análisis de la pajarita	NA	A	FA	FA	A
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de errores de diseño (SNEAK)	A	NA	NA	NA	NA
Análisis de Markov	A	FA	NA	NA	NA
Simulación de Monte Carlo	NA	NA	NA	NA	FA
Estadísticas y redes Bayesianas	NA	FA	NA	NA	FA
Curvas FN	A	FA	FA	A	FA
Índices de riesgos	A	FA	FA	A	FA
Matriz de consecuencia/probabilidad	FA	FA	FA	FA	A
Análisis coste/beneficio	A	FA	A	A	A
Análisis de decisión multicriterio	A	FA	A	FA	A

Fuente: Tomado de la ISO 31010 (2015).

Anexo 3. Organigrama del Hotel “Cayo Santa María”



Anexo 4. Resultados obtenidos de la Hoja de Trabajo del AMFE

HOJA TRABAJO AMFE	DE DEL	ELEMENTO: Cámaras frías		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Unidad condensadora		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Comprimir el refrigerante para que ocurra el intercambio de calor.	A	No tiene compresión el refrigerante para que el equipo funcione.	1	Fallas de tensión y devanado.	Ocurre un disparo térmico y una sobrecarga del motor o magnético debido a un cortocircuito.		2	1	4	8
				2	Motor del ventilador quemado.	Se siente olor a quemado y los ventiladores difusores no arrancan.		2	1	1	2
				3	Rotura del aspa.	Congelación excesiva del evaporador		1	1	4	4
				4	Rotura de la válvula solenoide.	Arranques y paradas reiteradas. Disparo de la protección y deja de funcionar la Cámara.		3	2	2	12
				5	Tuberías rotas.	Escape del refrigerante.		5	4	4	80

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO AMFE	ELEMENTO: Cámaras frías		#	Realizado por:	FECHA				HOJA			
	COMPONENTE: Unidad evaporadora		REF	Revisado por:	FECHA				DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS				S	O	D	NPR
1	Intercambiar el calor para que se distribuya el aire frío dentro de la cámara.	A No se intercambia el calor para que funcionen adecuadamente los sensores 1 (local de la cámara) y 2 (evaporador).	1	Rotura del aspa.	Congelación excesiva del evaporador.				3	2	4	24
			2	Ventilador quemado.	Se siente olor a quemado y los ventiladores difusores no arrancan.				3	4	3	36
			3	Averías en el devanado.	Se congela el evaporador, afectando el enfriamiento.				2	1	1	2
			4	Tupición.	No circula el gas refrigerante.				2	1	1	1
			5	Desregulación.	Afecta el flujo másico del refrigerante.				4	2	4	32
			6	Rotura de la resistencia.	Disminución de la temperatura de la cámara.				4	2	4	32
		B	Se intercambia parcialmente el calor para que funcionen adecuadamente los sensores	1	Evaporador sucio.	No circula completamente el gas refrigerante.				2	2	1

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO AMFE	ELEMENTO: Campana extractora		#	Realizado por:	FECHA		HOJA					
	COMPONENTE: Campana extractora		REF	Revisado por:	FECHA		DE					
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR	
1	Extraer el vapor del área y lo expulsa al medio ambiente.	A	No se realiza la absorción adecuada del calor y no se realiza el almacenamiento de la grasa.	1	Tupición en la rejilla de la campana.	No se absorbe el calor provocando altas temperaturas en el local.		3	10	1	30	
			B	No se extrae el vapor y no pasa al medio ambiente.	1	Motor quemado	No se produce la extracción dejando de funcionar el equipo.		3	3	2	18
					2	Desgaste del rodamiento de la estrella del rotor	No se realiza el rodamiento necesario para la extracción dejando de funcionar el equipo.		1	10	4	40
3	Correa en mal estado	El equipo deja de funcionar y no se produce la extracción.		1	9	3	27					

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL AMFE		ELEMENTO: Lavavajillas		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Turbina		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Bombear el agua caliente hacia la ducha de fregado.	A	No se realiza el bombeo necesario de agua para que llegue a la ducha para fregar.	1	Rotura de los rodamientos.	Provoca que la turbina se queme y no pueda bombear el agua.		1	1	4	4
				2	Partidura del eje de la propela.	Deja de funcionar el sistema de fregado y no se impulsa el agua hacia la ducha.		1	2	1	2

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL AMFE		ELEMENTO: Lavavajillas		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Sistema de arrastre		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Arrastrar las cestas de platos a través del sistema.	A	No se realiza el desplazamiento de las cestas a lo largo del equipo.	1	Motor del reductor quemado.	Deja de funcionar el arrastre de las cestas.		1	1	4	4
				2	Rotura de los rodamientos.	Se paraliza el sistema de arranque.		1	2	4	8
				3	Rotura de los sellos del reductor	Se paraliza el sistema de arranque.		1	2	4	8

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL AMFE		ELEMENTO: Lavavajillas		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Cuba con resistencia de fregado.		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Fregar los platos a través de las duchas con detergente y agua caliente.	A	No se realiza el fregado correcto de los platos.	1	Resistencia en corte.	Deja de funcionar el fregado de los platos y no se recibe el agua caliente.		2	8	1	16
				2	Tupición de la ducha.	No se solapa el agua necesaria para el fregado de los platos.		1	5	1	5
				3	Rotura de la ducha.	No se tiene el agua para realizar el fregado de los platos.		1	3	1	3

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO DEL AMFE		ELEMENTO: Lavavajillas		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Cuba con resistencia de enjuague.		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Enjuagar los platos con agua limpia y caliente.	A	No se realiza correctamente el enjuague de los platos.	1	Resistencia en corte.	Deja de funcionar el enjuague de los platos y no proporciona el agua caliente.		1	7	4	28
				2	Tupición de la ducha.	No se solapa el agua necesaria para el enjuague de los platos.		1	4	1	4
				3	Rotura de la ducha.	No se tiene el agua para realizar el enjuague de los platos.		1	3	1	3

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO AMFE	DE DEL	ELEMENTO: Mesas calientes		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Mesas calientes		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Mantener calientes los alimentos en la mesa.	A	No se mantienen calientes los alimentos que se muestran a los clientes.	1	Resistencia quemada.	Deja de funcionar el equipo, pierde la temperatura caliente.		1	8	1	8
				2	Partidura de la resistencia.	No circula el calentamiento por toda la resistencia y la mesa no adquiere el calor para mantener los alimentos.		1	5	1	5
				3	Motor quemado.	No funciona el ventilador para que sople el calor.		1	7	1	7
				4	Rotura y desgaste de las partes del ventilador.	No se impulsa el calor suficiente hacia toda la mesa para mantener los alimentos.		1	2	2	4
		B	No se mantiene la temperatura adecuada para la conservación de los alimentos.	1	Quemado de los platinos del termostato.	Deja de funcionar el Termostato, no se puede controlar la temperatura dentro de la mesa.		1	2	4	8
				2	Ponche de la vulva en el termostato.	No se puede regular la temperatura dentro de la mesa.		1	1	4	4

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO AMFE	ELEMENTO: Roof - Top		#	Realizado por:	FECHA		HOJA		
	COMPONENTE: Roof - Top		REF	Revisado por:	FECHA		DE		
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Transmitir una temperatura óptima de 24 ^o c a los locales.	A No se transmite la temperatura de enfriamiento hacia el local.	1 Quemado del devanado del motor en el compresor.	Se quema la máquina y no se produce la circulación del refrigerante.		3	4	4	48
			2 Desgaste o partidura del Flape en el compresor.	Pierde el bombeo el compresor, no se lleva la cantidad necesaria al refrigerante.		1	3	4	12
			3 Tupición y suciedad en el condensador.	Se obstruye la máquina y no se produce el enfriamiento.		3	2	4	24
			4 Salidero en el condensador.	Pérdida del gas o líquido, se realiza un escape del refrigerante		3	7	4	84
			5 Salidero en el filtro.	Se obstruye la máquina y no se produce el enfriamiento.		3	2	4	24
			6 Tupición en el filtro.	Se realiza un escape del refrigerante.		3	4	4	48
			7 Salidero en el evaporador.	No circula el líquido o gas por todo el equipo imposibilitando su función.		3	2	4	24

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO AMFE	ELEMENTO: Roof - Top		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
	COMPONENTE: Roof - Top		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR
			8	Tupición en el evaporador.	Se realiza un escape del refrigerante que implica que no funcione el equipo de climatización.			2	2	4	16
			9	Motor del ventilador quemado en el condensador.	No funciona el ventilador y no se transmite la temperatura al local.			2	4	3	24
			10	Motor del ventilador quemado en el evaporador.	No funciona el ventilador y no se transmite la temperatura al local			2	4	3	24
			11	Tupición en la válvula.	Se realiza un escape del refrigerante y no se realiza la caída en el evaporador.			3	2	4	24
			12	Salidero en el Tubo de baja.	Se obstruye la máquina y no regresa el refrigerante necesario.			3	1	4	12
			13	Tupición en el Tubo de baja.	Se realiza un escape del refrigerante.			3	2	4	24

Anexo 4. Continuación...

HOJA TRABAJO AMFE	DE DEL	ELEMENTO: Roof - Top		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Roof - Top		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
				14	No funciona la pastilla reguladora.	Se produce un problema eléctrico y el equipo deja de funcionar.		4	3	5	60
		B	Se transmite una temperatura deficiente a los locales	1	Rotura del bulbo en la válvula.	Se descompensan las presiones en el sistema y se enfría el equipo.		2	2	3	12
				2	Suciedad en las tuberías	Imposibilita la circulación total del gas.		4	5	4	80
				3	Mal funcionamiento del capacitor localizado en el motor.	Sobrecalentamiento del condensador y el sistema integrado.		3	7	4	84
				4	Se afecta la configuración del BIOS de la tarjeta.	Se reinicia el sistema de la tarjeta de manera imprevista.		4	3	5	60
				5	No funciona el circuito de video.	Se bloquea el video onboard.		4	3	3	36
				6	Humedad producida por los cambios de temperaturas.	La información ofrecida por la pantalla no llega a mostrarse.		4	3	2	24

Anexo 4. Continuación...

HOJA TRABAJO AMFE	DE DEL	ELEMENTO: Sandwichera		#	Realizado por:	FECHA		HOJA			
		COMPONENTE: Sandwichera		REF	Revisado por:	FECHA		DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Generar calor para calentar el pan.	A	No se genera el calor necesario para calentar el pan.	1	Aislamiento de la resistencia.	Pase a tierra, se realiza un corte circuito.		3	10	3	60
				2	Rotura de la resistencia.	No funciona el equipo para que se caliente el pan.		4	4	4	64
				3	Se derrite el plástico de la espiga.	Se sueltan las espigas provocando falso contacto.		3	7	1	21

Anexo 4. Continuación...

HOJA TRABAJO AMFE	DE DEL	ELEMENTO: Sierra sin fin		#	Realizado por:	FECHA				HOJA	
		COMPONENTE: Sierra sin fin		REF	Revisado por:	FECHA				DE	
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN		MODO DE FALLO		EFECTOS DE LOS FALLOS		S	O	D	NPR
1	Realizar el corte de las carnes.	A	No se realiza el corte de las carnes.	1	Ruptura de la hoja.	No se realiza el corte y puede provocar un accidente en el trabajador.		6	10	1	60
				2	Ruptura del rodamiento.	Mal funcionamiento y dislocación del equipo.		1	7	1	7
				3	Ruptura de la polea.	Mal funcionamiento del equipo y no se realiza el corte.		2	7	1	14
				4	Motor mojado.	El equipo deja de funcionar y puede provocar un accidente en el trabajador.		4	10	1	40
				5	Motor quemado.	El equipo deja de funcionar y no se realiza el corte.		3	10	1	30
		B	No se realiza el corte de las carnes adecuadamente.	1	Desmonte de la hoja.	El corte no tiene la calidad requerida y puede provocar un accidente en el trabajador.		6	10	1	60

Anexo 4. Continuación...

HOJA DE TRABAJO AMFE	ELEMENTO: Tostadora		#	Realizado por:	FECHA			HOJA			
	COMPONENTE: Tostadora		REF	Revisado por:	FECHA			DE			
FUNCIÓN		FALLO FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DE LOS FALLOS			S	O	D	NPR	
1	Tostar el pan para ser entregado al cliente.	A No se realiza la conversión necesaria imposibilitando que se tueste el pan.	1	Choque eléctrico.	Muerte del cliente.			3	10	1	30
			2	Rotura de la resistencia.	Mal funcionamiento del equipo.			4	4	1	16
			3	Falla del motor eléctrico.	No funciona el equipo.			2	3	1	6
			4	Se derrite el plástico de la espiga.	Se sueltan las espigas y no se transmite la energía requerida para que funcione el equipo.			2	9	1	18
		B No se realiza el transporte del pan para ser llevado al cliente.	1	Desencadenamiento.	Se detiene el transporte.			3	2	1	6
			2	Rotura de la cadena.	No se realiza el rodamiento para que ocurra el transporte.			3	2	2	12
			3	Rotura del eje.	Se detiene el transporte.			3	2	1	6

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Cámara Fría. Unidad evaporadora.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado														
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR											
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo												
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S	H								
1	Rotura del aspa.				x		x								x			x					Limpiar y chequear que no exista algún elemento ajeno	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	3	2	3	18
2	Ventilador quemado.				x		x								x			x					Limpiar y verificar el capacitor y los rodamientos	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	3	3	2	18
3	Averías en el devanado.					x	x									x		x					--	--	--				
4	Tupición.					x	x									x		x					--	--	--				

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Cámara Fría. Unidad evaporadora.

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:										Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado						
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:																			
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo				S	O	D	NPR							
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S					H						
5	Desregulación.				x				x							x				x					Revisar y limpiar el bulbo	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	4	1	4	16
6	Rotura de la resistencia.				x				x							x				x					Revisar los bornes que estén bien conectados	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	4	1	3	12
7	Evaporador sucio				x				x							x				x					Limpiar con agua a presión y ácido.	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	2	2	1	4

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Lavavajilla.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado														
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:																						
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo				S	O	D	NPR					
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S					H				
1	Rotura de los rodamientos.					x	x											x					--	--	--				
2	Partidura del eje de la propela.				x		x											x					--	--	--				
3	Motor del reductor quemado.					x	x											x					--	--	--				
4	Rotura de los rodamientos.				x		x											x					--	--	--				
5	Rotura de los sellos del reductor				x		x											x					--	--	--				

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Lavavajilla.

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado								
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR					
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S					H			
10	Tupición de la ducha.				x		x											x				--	--	--				
11	Rotura de la ducha.				x		x											x				--	--	--				
12	Resistencia en corte.				x			x											x			Colocar un controlador de línea	Técnico de la brigada COPEX TEL	3 meses	2	1	1	2
13	Ventilador quemado.					x		x										x				--	--	--				

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Mesa caliente.

		Evaluación inicial:										Evaluación de seguimiento:										Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado			
		Fecha de evaluación anterior:										Fecha de evaluación actual:													S	O	D	NPR
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S	H							
5	Quemado de los platinos.				x		x								x		x					--	--	--				
6	Ponche de la vulva.					x	x								x		x					--	--	--				

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Roof Top.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado														
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR											
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo				S	O	D	NPR					
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S					H				
1	Quemado del devanado del motor.				x			x								x			x				Chequear presión y de consumo corriente por fase	Electricista de Mantenimiento	6 meses	3	2	3	18
2	Desgaste o partidura del Flape.				x		x									x		x					--	--	--				
3	Tupición en el condensador.				x			x								x			x				Limpiar con agua a presión y ácido	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	6 meses	3	1	3	9
4	Salidero en el condensador			x				x								x			x				Pintar con óxido rojo las partes metálicas de las orillas del condensador	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	6 meses	3	5	4	60

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Roof Top.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado													
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR										
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S	H							
5	Salidero en el filtro.				x			x							x			x				Pintar con pintura anticorrosiva	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	6 meses	3	1	4	12
6	Tupición en el filtro.				x			x							x			x				Limpiar y verificar que esté en buen estado	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	6 meses	3	3	3	27
7	Salidero en el evaporador.				x			x							x			x				Pintar con óxido rojo las partes de garban y las metálicas	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	6 meses	3	1	4	12
8	Tupición en el evaporador.				x			x							x			x				Limpiar con agua a presión y ácido	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	6 meses	2	1	4	8

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Roof Top.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado													
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR										
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S	H							
9	Motor del ventilador quemado en el condensador.				x			x								x						Verificar que el capacitor está en buen estado y engrasar rodamientos	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	2	3	2	12
10	Motor del ventilador quemado en el evaporador.				x			x								x						Verificar que el capacitor está en buen estado y engrasar rodamientos	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	2	3	2	12
11	Tupición en la válvula.				x			x								x						Chequear la válvula y limpiar el bulbo	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	3	1	3	9

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Roof Top.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado														
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR											
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo												
		A	M	M	M	B	A	B	C	D	E	F	A	M	M	M	B	L	M	S	H								
16	Rotura del bulbo.				x				x										x				Verificar que no esté rozando con ninguna parte metálica	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	2	2	3	12
17	Suciedad en las tuberías.			x					x										x				Limpiar con agua a presión	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	6 meses	4	3	4	48
18	Se afecta la configuración del BIOS de la tarjeta.				x														x				Chequear la configuración y el funcionamiento	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	4	2	4	32

Anexo 5. Resultados recogidos de la aplicación del procedimiento. Roof Top.

		Evaluación inicial:					Evaluación de seguimiento:					Acciones de mantenimiento	A realizarse por	Intervalo inicial	NPR mejorado													
		Fecha de evaluación anterior:					Fecha de evaluación actual:								S	O	D	NPR										
#	Modo de Fallo	Probabilidad de ocurrencia					Severidad de fallo					Probabilidad de no detección					Evaluación del riesgo											
		A	M A	M	M B	B	A	B	C	D	E	F	A	M A	M	M B	B	L	M	S	H							
19	No funciona el circuito de video.				x				x							x						Revisar las conexiones entre el display y la tarjeta	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	4	2	3	24
20	Humedad producida por los cambios de temperaturas.				x				x						x							Poner aislante térmico alrededor de la tarjeta	Operario de Mantenimiento a Equipos de Clima	3 meses	4	2	2	16

