



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y TURISMO

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Trabajo de Diploma

“Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la línea de producción de Refrescos Carbonatados en la UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarrás Martínez”.

Autora: Laura E. Broche Hernández

Tutores: MSc. Ing. José Ulivis Espinosa Martínez.

Dra. C. Ing. Estrella de la Paz Martínez

2014-2015

“Año 56 del Triunfo de la Revolución”.



Pensamiento



“El precio del éxito es trabajo duro, dedicación al trabajo que estamos haciendo, y la determinación de que ganemos o perdamos, hemos aplicado lo mejor de nosotros mismos a la tarea que tenemos entre manos”

Vince Lombardi

Dedicatoria



*A mis padres, que los quiero con todo mi corazón y han hecho
todo lo posible por cumplir mis sueños.*

Resumen

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en la UEB Embotelladora Central perteneciente a la Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara, donde se realiza el análisis de fallos a los equipos que más ocasionan paradas en la producción y pueden llegar a afectar la salud de los trabajadores y contaminar al medio ambiente, empleando un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR) para evitar las consecuencias de las fallas y minimizar su impacto. Además se analizan los costos generales de la actividad de mantenimiento asociados a la ocurrencia de paradas en los equipos objetos de estudio. Como principales resultados de la investigación se arrojó que el procedimiento seleccionado posibilitó determinar los principales riesgos, así como detectar las oportunidades de mejora que mayor impacto pueden tener en el incremento del desempeño de la Gestión de Mantenimiento en la entidad.

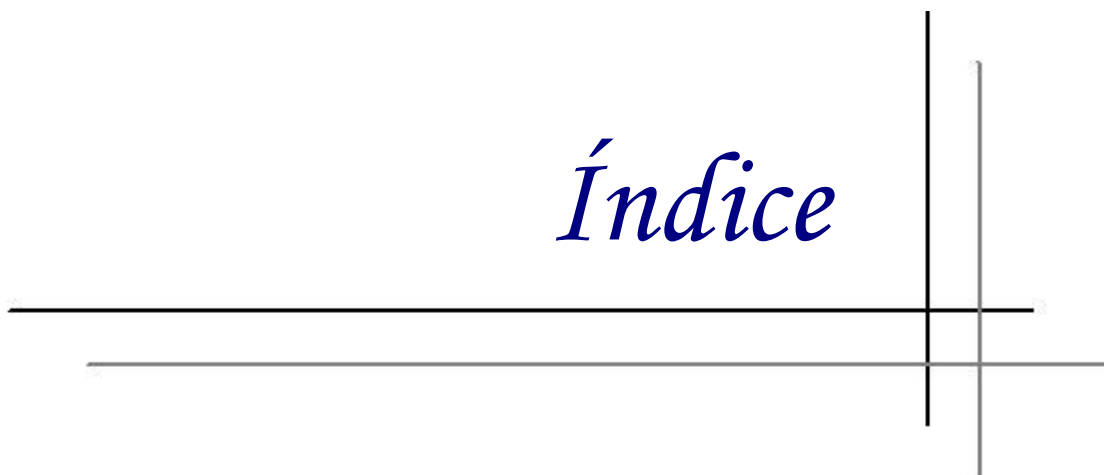
Summary

A decorative graphic consisting of several thin black lines. A horizontal line extends from the left edge towards the right, passing under the word 'Summary'. Another horizontal line is positioned below it, starting further to the right. Two vertical lines intersect these horizontal lines on the right side of the page, creating a cross-like structure.

SUMMARY

The present work is developed in the Central Bottling UEB belonging to the Company of Drinks and Sodas Villa Clara, where he/she is carried out the analysis of shortcomings to the teams that more they cause stopped in the production and they can end up affecting the health of the workers and to contaminate to the environment, using a procedure of Based Maintenance in the Risk (MBR) to avoid the consequences of the flaws and to minimize its impact. The general costs of the maintenance activity associated to the occurrence are also analyzed of stopped in the teams study objects. As main results of the investigation he/she hurtled that the selected procedure facilitated to determine the main risks, as well as to detect the opportunities of improvement that bigger impact can have in the increment of the acting of the Administration of Maintenance in the entity.

Índice



Contenido

Introducción	1
1.1. El Mantenimiento.....	6
1.1.1. Definiciones de mantenimiento.....	6
1.1.2. Objetivos del mantenimiento.	7
1.1.3. Funciones del mantenimiento.....	8
1.1.4. Evolución histórica del mantenimiento	9
1.2. Gestión del mantenimiento	14
1.2.1. Planificación	14
1.2.2. Organización.....	15
1.2.3. Ejecución	15
1.2.4. Evaluación y control	16
1.2.5. Normalización de los procesos de Gestión del Mantenimiento	17
1.3. Tipos de Mantenimiento	18
1.4. Sistemas de Mantenimiento	19
1.5. Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)	21
1.6. El mantenimiento en la Industria Alimentaria	23
1.7. El mantenimiento en la Industria Alimentaria cubana	24
1.8. Conclusiones parciales	25
Capítulo 2: Caracterización de la UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarrás Martínez”, aplicación del procedimiento de MBR seleccionado y análisis de los costos de mantenimiento. ...	25
2.1. Caracterización de la UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarrás Martínez”	25
2.1.1. Descripción del área de Mantenimiento.....	26
2.1.2. Descripción del proceso de elaboración del Refresco Carbonatado	28
2.2. Aplicación del procedimiento de MBR seleccionado.....	31
2.3. Análisis de los costos de mantenimiento.....	37
2.4. Conclusiones parciales	42
Conclusiones generales.....	43
Recomendaciones	44

Introducción

A decorative graphic consisting of three lines: a horizontal line, a vertical line, and a diagonal line intersecting at the bottom right corner of the page.

Introducción

En la actualidad la industria en general ha ido migrando de lo manual a lo automatizado buscando la optimización y la eficiencia, en donde la capacidad productiva debe maximizarse. Las empresas generadoras de bienes y/o servicios que utilizan instalaciones, máquinas, herramientas, utensilios, dispositivos, etc., para lograr su objeto social y empresarial, necesitan que estos activos se mantengan en un buen estado de funcionamiento, de confiabilidad y de disponibilidad, por lo cual las organizaciones empresariales deben procurar que la vida útil de sus equipos sea la máxima posible, ya que, las empresas no pueden adquirir permanentemente equipos nuevos para desarrollar su función, debido a los altos costos que requiere; lo cual se logra a través del mantenimiento industrial como una entidad de servicio a la producción. El mantenimiento dentro de la industria es el motor de la producción, sin mantenimiento no hay producción.

El desempeño de la empresa estará en la calidad de mantenimiento que se provea a cada uno de los elementos, es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales.

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas; con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías. El mantenimiento no debe verse como un costo si no como una inversión ya que está ligado directamente a la calidad y eficiencia.

Debido al importante aporte que tiene el mantenimiento en la competitividad es que ha tomado especial interés dentro de las organizaciones, por lo tanto, el mismo ocupa un lugar fundamental en los objetivos y procesos de actualización del modelo económico y social cubano.

En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (117, 196, 217, 220, 224, 239, 242, 249, 252, 267, 272, 274, 279, 285 y 292), aprobados en el VI

Congreso del Partido Comunista de Cuba se pone al mantenimiento dentro de las primeras prioridades en todas las esferas, incluyendo diversos sectores claves del país, así se evidencia, en el lineamiento No 117: “Constituirán la primera prioridad las actividades de mantenimiento tecnológico y constructivo en todas las esferas de la economía”.

Es por ello que el sector empresarial de la industria alimenticia inmerso en un proceso de crecimiento acelerado en sus producciones y con un rol más importante en la economía nacional 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.

La Unidad Empresarial de Base (UEB) Embotelladora Central “Osvaldo Socarras Martínez”, correspondiente a la Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara (EMBER), conocida popularmente como la “Coca Cola”, como entidad perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL) tiene entre sus objetivos producir y comercializar de forma mayorista Refrescos Carbonatados en envases PET (Tereftalato de polietileno) y Refrescos Concentrados a granel, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.

La UEB cuenta con una línea de producción para la elaboración de Refrescos Carbonatados en envases PET la cual está compuesta por máquinas nuevas de última tecnología, así como de otras ya obsoletas que provienen desde su fundación. De la totalidad de los equipos una parte conforman la línea crítica de producción, debido a que el inadecuado o no funcionamiento de los mismos genera el detenimiento total de la fabricación e incluso llegar a afectar la seguridad del medio ambiente y del personal que allí labora. El mantenimiento que se ha aplicado en dicho centro ha incluido tareas preventivas y correctivas basadas en un plan de mantenimiento preventivo planificado, orientado desde la empresa, el mismo no responde completamente a las condiciones cambiantes y a la confiabilidad requerida en los equipos de la línea crítica pues aún existen pérdidas por fallas en las máquinas por causas de mantenimiento asociadas en ocasiones por problemas tecnológicos. Esto trae consigo, pérdidas considerables tanto en materia prima y materiales así como de tiempo, por lo que se requiere abordar este problema desde el punto de vista técnico, haciendo uso de las tendencias más modernas que garanticen un excelente nivel de

calidad. Los elementos anteriormente expuestos constituyen la **situación problemática** identificada que fundamentó la investigación desarrollada.

A partir de la situación problemática planteada el **problema científico** se define: ¿cómo lograr que en la línea de producción de la UEB Embotelladora Central se garantice la confiabilidad de sus equipos, cumpliendo con los estándares de seguridad y evitando así retrasos en la producción y la entrega de los productos al cliente?.

Como vía para solucionar el problema científico planteado, se establece el siguiente sistema de objetivos:

Objetivo general

Implementar un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo a los equipos críticos de la línea de producción de Refrescos Carbonatados en envases PET en la UEB Embotelladora Central.

Objetivos específicos

- Seleccionar un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo para los equipos críticos de la línea de producción de Refrescos Carbonatados en envases PET en la UEB Embotelladora Central.
- Aplicar el procedimiento seleccionado de Mantenimiento Basado en el Riesgo para el mantenimiento en la línea de producción de Refrescos Carbonatados en envases.
- Realizar un análisis de los costos de mantenimiento.

Los objetivos planteados se desarrollan en la tesis mediante la estructura lógica que se muestra a continuación: Capítulo 1: Revisión Bibliográfica de la Investigación; Capítulo 2: Caracterización de la entidad objeto de estudio, aplicación del procedimiento de MBR seleccionado y análisis de los costos de mantenimiento, además, se muestran las principales conclusiones alcanzadas con el desarrollo del trabajo; un grupo de recomendaciones que contribuyen a desarrollar trabajos futuros que enriquezcan el resultado alcanzado, la bibliografía consultada y finalmente se expone un grupo de anexos de necesaria inclusión para fundamentar, destacar y facilitar la comprensión de los aspectos de mayor complejidad tratados en el cuerpo del documento.

Capítulo 1



Capítulo 1. Revisión bibliográfica de la investigación

El presente capítulo muestra un análisis crítico de la literatura especializada y otras fuentes, con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación, fundamentalmente con todo lo relacionado con el Mantenimiento Basado en el Riesgo para la gestión del mantenimiento a equipos y en este sentido se consultó bibliografía especializada y actualizada tanto nacional como internacional. Los temas fundamentales a tratar se resumen en el hilo conductor de la investigación que se muestra a continuación:

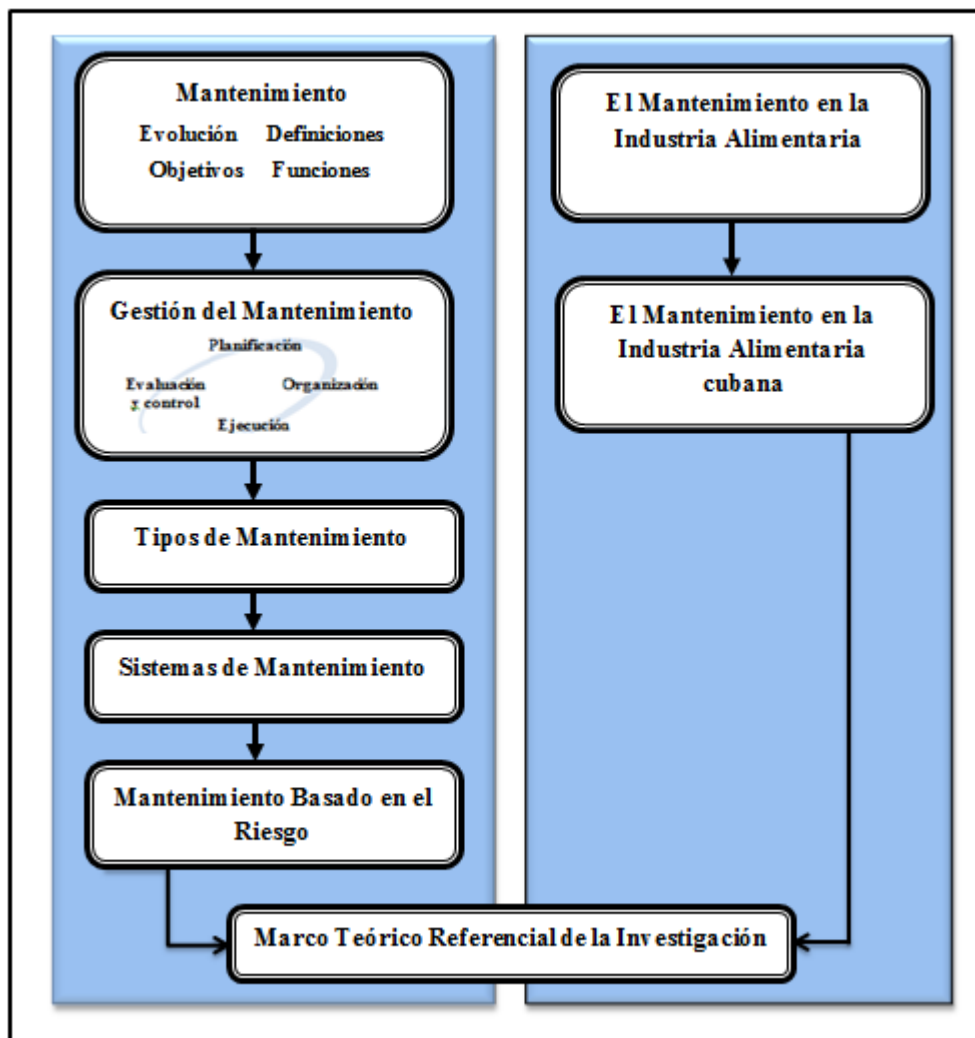


Figura 1.1 Estrategia seguida para la construcción del marco teórico referencial de la investigación. **Fuente:** elaboración propia.

1.1. El Mantenimiento

La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio a los clientes mediante prácticas innovadoras y seguras.

El mantenimiento está basado en los principios como: respeto para todos los empleados y funcionarios, buen liderazgo, trabajo en equipo compartiendo responsabilidades, compromiso con la seguridad y medio ambiente, propiciar ambiente de responsabilidad donde se desarrolle conocimientos y habilidades.

La finalidad del mantenimiento es mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad; por lo tanto, incide en la calidad y cantidad de la producción.

En consecuencia la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones.

1.1.1. Definiciones de mantenimiento

La definición del término mantenimiento ha sido expresada en diferentes libros, revistas y otros documentos con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso de la empresa u organización de que se trate.

Dentro del concepto de mantenimiento, se han hecho investigaciones durante el pasado y presente siglo, que han definido distintos estilos o filosofías de mantenimiento, las cuales han facilitado y definido como debe ser la aplicación y la administración de procesos básicos como la reparación, inspección y monitoreo de equipos y componentes.

Todos los bienes sufren cambios irreversibles debido al uso, lo que provoca una cierta pérdida de funcionalidad. Para ello, la tarea del mantenimiento se puede definir como el conjunto de actividades a realizar, necesarias para mantener la funcionalidad del mismo (Knezevic, 1996).

El mantenimiento se puede definir también, como el objetivo de alcanzar niveles óptimos de disponibilidad y fiabilidad en las instalaciones de fabricación para optimizar su productividad y aumentar la competitividad de la empresa (AENOR, 2002).

Mantenimiento son todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones. (Neto Chusin. Edwin Orlando; 2008)

Una definición general de Mantenimiento es la siguiente:

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. (De la Paz, E, 2015).

1.1.2. Objetivos del mantenimiento.

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnica, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del contexto operacional en el que se encuentra el sistema. De acuerdo con varios autores (Torres, 2005; Neto Chusin, 2008 y De la Paz, 2015) han definido los objetivos de mantenimiento que se puede concretar de forma general en:

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

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

1.1.3. Funciones del mantenimiento

Portuondo Pichardo (1990) plantea que las funciones de mantenimiento caracterizan y de hecho justifican la existencia de una subdivisión de la empresa dedicada al mantenimiento. Al respecto describió las funciones básicas de mantenimiento desglosadas en primarias y secundarias. Las primeras referidas al mantenimiento, inspecciones, servicio de lubricación y protección contra la corrosión, recuperación y modificación de equipos, instalaciones y edificaciones. Las funciones secundarias incluyen la protección técnica y los medios técnicos para la limpieza tecnológica de equipos e instalaciones, los medios técnicos para la eliminación de desechos y la generación y distribución de algunas producciones auxiliares como energía eléctrica, vapor, aire comprimido, aire para instrumentos y agua de enfriamiento.

Para asegurar el cumplimiento de los objetivos del mantenimiento deberán ser desarrolladas las funciones siguientes:

- Organizar el sistema de mantenimiento que se decida establecer.
- Planificar, ejecutar y controlar las acciones técnicas de mantenimiento.
- Seleccionar, conservar y aplicar los lubricantes.
- Coordinar con el área de servicios generales las labores de limpieza de los locales de trabajo en general y con los operarios (técnicos y personal de enfermería) la limpieza del equipamiento.
- Conservar en buen estado los dispositivos de seguridad y velar porque se cumplan las normas de seguridad en la operación y el mantenimiento de los equipos.
- Elaborar las solicitudes de herramientas y utillaje propios de la actividad de mantenimiento.
- Asesorar la gestión de inventarios de piezas de repuesto y agregados para el mantenimiento.

- Participar en la concepción y ejecución del programa de conservación para los activos fijos en almacén y los instalados pero no en explotación.
- Registrar detalladamente los recursos de todo tipo, invertidos en el mantenimiento.
- Concebir y ejecutar programas de mejoramiento continuo del mantenimiento, con énfasis en la formación del personal.
- Participar en la evaluación y selección del personal para llevar a cabo estas funciones.
- Participar en la evaluación de nuevas inversiones (ampliaciones, modernizaciones o reemplazo), corroborando si se corresponden con las necesidades reales del hospital.
- Participar con el inversionista en las tareas de puesta en marcha de equipamientos u objetos de obra.
- Participar en el establecimiento de políticas referidas a la tercerización del mantenimiento.
- Realizar evaluaciones periódicas del cumplimiento de estas funciones.

1.1.4. Evolución histórica del mantenimiento

La historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, data desde la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos. (Mora Gutiérrez, 2014).

La evolución del área de mantenimiento atravesó distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles.

El proceso de mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación a los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura a través del tiempo; el análisis se lleva a cabo en una de estas etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción para ese momento, la clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución.

La **primera generación** cubre el período hasta la Segunda Guerra Mundial, en esa temporada la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de paradas no

generaban impactos negativos en la producción, además de que la maquinaria se caracterizaba por ser sencilla y diseñada para una función determinada, lo que hacía que fuera confiable y fácil de reparar. En esos días la maquinaria se reparaba solo cuando se dañaba en su totalidad.

Mientras que en la **segunda generación** se vio marcada por un aumento de la mecanización, pues durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Hacia el año 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas. La industria había comenzado a depender de ella.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más latente. Esto llevó a la idea de que las fallas de la maquinaria se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del “Mantenimiento Preventivo”. En el año de 1960 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

Este coste de mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar “Sistemas de Control y Planificación de Mantenimiento”. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en la industria ha cobrado velocidades más altas. La **tercera generación** comienza en los años 80 y está vigente actualmente. En esta generación las expectativas del mantenimiento son lograr mayor disponibilidad y confiabilidad de la planta, mayor seguridad, garantizar la calidad del producto, minimizar los daños al medio ambiente, mayor vida de los equipos y mayor relación coste-eficacia.

El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, coste total y servicio al cliente. Esto se hace más latente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de stock en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el

paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la máquina y la calidad del producto. Al mismo tiempo están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de las fallas de una planta para la seguridad y/o el medio ambiente. Al mismo tiempo los estándares en estos dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal gerente, los sindicatos los medios de información y el gobierno.

Finalmente, el coste de mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. En algunas industrias, es ahora el segundo gasto operativo de coste más alto y en algunos casos incluso el primero (González Rocha y Mora Ballesteros, 2006)

Como resultado de esto, en solo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto se ha convertido en la prioridad de control de coste más importante.

Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva una máquina funcionando y sus posibilidades de falla.

Ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos, y surgen más cada vez. (González Rocha y Mora Ballesteros, 2006).

Como se ha visto la idea general del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo. Ya en lo que se conoce como **cuarta generación** se

implementan sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y, de la organización y ejecución del departamento de mantenimiento (Sabina R., 2012).

La gestión del mantenimiento se orienta hacia la satisfacción del cliente. Se extiende la externalización del servicio de mantenimiento y se fijan ratios medibles para poder calificar el servicio de mantenimiento, con bonificaciones y penalizaciones. Los responsables de mantenimiento deben tener un conocimiento exhaustivo de las normativas para no incurrir en errores legales. (López García, 2013)

A continuación, en la figura 1.2 a) y 1.2 b) se muestra la evolución de los objetivos del mantenimiento y de las técnicas empleadas a lo largo de las cuatro generaciones por las que dicho mantenimiento ha transitado, anteriormente detalladas el contenido de cada una de estas generaciones.

OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.			
1ª GENERACIÓN	2ª GENERACIÓN	3ª GENERACIÓN	4ª GENERACIÓN
*Se realiza cuando se produce un fallo.	*Mayor disponibilidad. *Mayor vida operacional. *Menores costes.	*Mayor disponibilidad y fiabilidad. *Mayor seguridad. *Mayor calidad de servicio. *Respeto al Medio Ambiente. *Mayor vida operacional. *Eficiencia de costes.	*Mayor disponibilidad y fiabilidad. *Mayor seguridad. *Mayor calidad del producto. *Respeto al Medio Ambiente. *Mayor vida de los equipos. *Mayor mantenibilidad. *Eficiencia de costes. *Patrones de fallos. *Eliminación de los fallos.

a) Evolución de los objetivos del mantenimiento

EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO.			
1ª GENERACIÓN	2ª GENERACIÓN	3ª GENERACIÓN	4ª GENERACIÓN
*Mantenimiento Correctivo.	*Revisiones periódicas. *Uso de grandes ordenadores. *Sistemas de control y planificación del mantenimiento.	*Monitoreo de Condición. *Basado en fiabilidad y mantenibilidad. *Estudio de riesgos. *Uso de pequeños y rápidos ordenadores. *Modos de fallo y causas de fallos. *Sistemas expertos. *Polivalencia y trabajo en equipo.	*Monitoreo de Condición. *Modos de fallo y causas de fallos (FMEA, MECA) *Polivalencia y trabajo en equipo (Mantenimiento autónomo) *Estudios de fiabilidad y mantenibilidad. *Mantenimiento Preventivo. *Gestión del Riesgo. *Sistemas de Mejora Continua. *Mantenimiento Predictivo y Proactivo. *Grupos de mejora y seguimiento de acciones.
1940	1960	1990	2004

b) Evolución de las técnicas de mantenimiento

Figura 1.2 Evolución de los objetivos y técnicas del mantenimiento. **Fuente:** Sabina R. (2012).

A finales del siglo XX y principios del XXI, la importancia de los recursos energéticos por su costo y por su carácter de agotables hace que la eficiencia energética tenga un papel capital en el mantenimiento y explotación de las instalaciones, incluyendo en muchos casos la cesión de los contratos energéticos a las empresas mantenedoras, que en ese caso se encargan de comprar la energía primaria y vender la energía útil transformada garantizando unos ratios establecidos en contrato. Hacia esta dirección tiende la que se puede llamar como **quinta generación** del mantenimiento. De este modo la propiedad puede dedicarse exclusivamente a su actividad principal mientras la empresa mantenedora se dedica a la explotación técnica del edificio (López García, 2013). Está centrada en la terotecnología, o sea, en 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, dismantelar, etc.). Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costos de ciclo de vida (CCV) económicos.

Además de la utilización de las técnicas de las generaciones anteriores, esta 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 (González-Quijano, 2004).

1.2. Gestión del mantenimiento

La gestión involucra el concepto de conducción o dirección aplicada por diferentes personas a través de la organización, en las empresas formales está diseminada en todos los niveles de la estructura y se ejerce en todas las divisiones de ella, no es propia de algo, incluye personas o grupos de personas.

En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación, la primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento (Mora Gutiérrez, 42014).

La gestión de una empresa se refiere a su administración y está relacionada con el proceso administrativo la cuales se sintetizan abruptamente en general con las escuelas modernas de gestión. En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio del mantenimiento. El esquema moderno de mantenimiento implica la vinculación de herramientas propias de la gestión. Y el concepto integral se maneja desde la base de utilizar en forma eficaz y eficiente los factores productivos en forma individual y conjunta.

Según la ISO 9000: 2001, la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. A partir de estas definiciones se puede entender que para desarrollar una buena gestión es preciso conocer y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar.

La gestión de mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones: la planificación, la organización, la ejecución y el control.

1.2.1. Planificación

Se denomina planificación del mantenimiento al conjunto de actividades que a partir de las necesidades de mantenimiento, definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad (Borroto Pentón, 2005).

Es de destacar que en muchas organizaciones la planificación del mantenimiento ha 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 estado de deterioro de los mismos, además de no ser constante, el considerable número de información que se ha de procesar. Esto trae un sinnúmero de problemas que es necesario enfrentar para mejorar la confiabilidad y eficiencia de los equipos. Esta tendencia es la que se conoce como planificación tradicional del mantenimiento.

1.2.2. Organización

La organización es tal vez el área más desarrollada de la teoría administrativa, tiene dos vertientes fundamentales, una estática que es sinónimo de entidad u organización creada para alcanzar determinados objetivos, o colectivo de personas estructurado para la acción. La vertiente dinámica es la organización como función de dirección, que consiste en ordenar y armonizar los recursos humanos, materiales y financieros de que se dispone con la finalidad de cumplimentar un objetivo dado con la máxima eficiencia (Sánchez, 1999). Esta, por lo general, consiste en la programación de todas las actividades tendientes a optimizar la ejecución de un conjunto de tareas en un período generalmente establecido, distribuyendo frente a las necesidades derivadas de la carga de trabajo programable, los recursos con la finalidad de optimizarlos.

1.2.3. Ejecución

Es el conjunto de actividades tendiente a realizar los requerimientos de mantenimiento, expresadas como trabajos específicos de cualquier tipo. Maneja la recepción de los programas o requerimientos en el caso de emergencias, la labor preparatoria de búsqueda de repuestos, herramientas, asignación del personal, instrucciones sobre procedimientos, así como la ejecución correcta de las tareas específicas del caso y la puesta en servicio del equipo o zona intervenida. Las tareas específicas en la ejecución del mantenimiento son las siguientes:

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

Existen tres maneras de llevar a cabo la ejecución del mantenimiento: por medios propios, por contratación, o una parte realizarla por contratación y el resto por medios propios, siendo esta ultima la opción más utilizada. La ejecución del mantenimiento por medios propios solo se justifica cuando el volumen de trabajo de mantenimiento asegura una adecuada utilización de personal calificado y de los recursos materiales, por lo que la empresa debe contar previamente con un personal calificado.

1.2.4. Evaluación y control

Una vez gestionados los recursos disponibles para llevar a cabo el mantenimiento es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, comparándolo con las metas prefijadas.

El control es una acción a ser realizada en forma constante en la organización (aunque existe una fuerte tendencia al autocontrol), utilizando mecanismos simples, sobre la base de los objetivos definidos, para un período determinado. Está basado en patrones de comparación preestablecidos, en consecuencia, será eficaz en la medida en que los resultados de su aplicación sean económicos y sirvan para tomar medidas de corrección.

Posteriormente se definiría cómo se va a controlar, se harán inspecciones o se auto controlará el objeto ya definido. En cualquier caso se requerirá una preparación adecuada que parta de la correcta definición de los parámetros a controlar y de la forma en que serán analizados y evaluados los resultados. Por último, se define el momento en que se controla y la frecuencia de control. En esencia, se trata de responder a las preguntas: qué, cómo, cuándo y cuánto se controlará y esto estará en dependencia no sólo de los objetivos de la organización, sino también de las herramientas de que se disponga para el control.

Debe destacarse que el mecanismo de control que se establezca debe ser económico, pues, aunque parezca obvio, en muchos casos esto no se cumple, resultando más caro el control que las pérdidas que provoca su falta. Por esto los controles deben ser aplicados sobre pocos conceptos y los más importantes, de manera que el responsable de mantenimiento, siguiendo pocos resultados periódicos de control, tenga una semblanza rápida y confiable de la marcha del servicio, no solamente de su eficacia sino y sobre todo, de su eficiencia.

Según todo lo planteado, resulta evidente que primero habrá que definir el objeto de control que, según los objetivos de mantenimiento, pudiera tratarse de un equipo, una instalación, una planta física o incluso la propia organización de mantenimiento y sus funciones. (Pérez Jaramillo, 2004)

1.2.5. Normalización de los procesos de Gestión del Mantenimiento

Acerca de ISO 55000 – PAS 55

Existen varios requerimientos, directrices y elementos claves que sirven de guía para lograr un enfoque verdadero de Gestión de Activos Físicos.

Bajo este contexto se encuentran la Norma ISO 55000 Asset Management y PAS 55 Asset Management que proporcionan las directrices, exigencias y aspectos claves para la implementación de un sistema de gestión de activos físicos.

La Institución Británica de Normalización BSI publicó el estándar PAS 55 para normalizar la gestión de activos. Este estándar es actualmente utilizado como el eje rector de la gestión de activos que está siendo implementado por la industria en el mundo entero.

El estándar PAS 55 ha demostrado ser una metodología excelente para mejorar el desempeño de los activos y generar un impacto financiero dramático en las organizaciones que lo han implementado.

Incluye una Evaluación (PAM) para identificar estado y condición del sistema de gestión de activos y un programa de certificación de empresas de consultoría y entrenamiento.

La norma ISO 5500X permitirá a la organización lograr sus objetivos mediante una gestión eficiente de sus activos físicos. Los requerimientos establecidos en la misma, proporcionan un enfoque estructurado para desarrollar un sistema de gestión de activos para soportar el

logro de los objetivos de la organización y proporciona adicionalmente los controles necesarios para garantizar que así sea.

El contenido de las normas ISO 5500X se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1.1: Contenido de las normas ISO 5500X

Normas	Contenido
ISO 55000	Definiciones (Por qué)
ISO 55001	Define los requerimientos para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de activos (Qué)
ISO 55002	Guías para la aplicación de ISO 55001(Cómo)

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.

- 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.

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.

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.

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.

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.

1.4. Sistemas de Mantenimiento

En la literatura especializada, han sido tratados indistintamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento.

Lo más común en las denominaciones es el término de sistemas. En Cuba, algunos autores [Fernández, Matos & Prim, 1983; Navarrete Pérez & González Martín, 1986; Portuondo Pichardo, 1990; Taboada Rodríguez et al., 1990] han identificado como sistemas de mantenimiento a los siguientes: Sistema controlado mediante la supervisión en la producción, Sistema regulado, Sistema por interrupción en la producción o contra avería,

Sistema inspectivo, predictivo o por diagnóstico y Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

A lo largo de la historia en el desarrollo industrial se han empleado diferentes sistemas de mantenimiento en dependencia de las condiciones dadas. Entre los más identificados tradicionalmente se pueden mencionar:

- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).
- Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (TPM).
- Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)
- Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM).

Al primer sistema de mantenimiento se hizo referencia anteriormente. A continuación se abordan los siguientes:

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

El MCC se puede definir como un “método sistemático y estructurado para determinar el mantenimiento más adecuado a aplicar a una instalación para que ésta siga cumpliendo con las funciones para las que fue concebida y en su contexto operacional actual” (Moubray, 1997).

El RCM es una metodología que permite el diseño y optimización de los planes de Mantenimiento mediante el análisis de cada sistema, determinando cómo puede fallar funcionalmente y qué consecuencias pueden derivarse de esas fallas. Los efectos de cada modo de falla se evalúan de acuerdo al impacto sobre la seguridad, el medio ambiente, la operación y el costo.

Se basa en la confiabilidad desde el diseño del equipo y su objetivo es preservarla durante el ciclo de la operación, el resultado busca obtener un programa de mantenimiento preventivo que logre los niveles deseados de seguridad y confiabilidad al mínimo costo posible. Es a través del programa preventivo que se logran detectar fallas incipientes y corregirlas antes de que ocurran o causen mayores efectos, igualmente busca reducir la probabilidad de falla (Martínez Giraldo, 2014).

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El concepto de mantenimiento productivo total hay que situarlo en el contexto de una evolución del concepto de mantenimiento clásico y de una nueva filosofía de producción, es decir, el concepto de calidad total (Tobalina, 1994).

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

Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)

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

1.5. Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)

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

En 1993 el Instituto Norteamericano del Petróleo (*American Petroleum Institute –API*) inició un proyecto denominado Inspección Basada en Riesgo (*Inspection Based Risk –RBI*) en el cual participaron una serie de empresas relacionadas, entre las cuales destacaban Shell, Unocal, Exxon. Texaco, Dow Chemical. Mobil, Chevron (Normas API 580/581, 2003). El resultado de esta labor fue 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, mientras 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 (Norma API University, 2008).

La metodología Inspección Basada en Riesgo (IBR) es una herramienta de análisis que evalúa el nivel riesgo asociado a la operación de equipos. La evaluación se realiza a través de estimadores de frecuencia de falla de equipos como una falla que puedan atacar la pared contenedora de éstos y de las consecuencias en términos de los daños al personal, la instalación, medio ambiente y pérdidas de producción ocasionadas por una falla.

El propósito de la Inspección Basada en el Riesgo (IBR) es medir y manejar el riesgo para dirigir el esfuerzo de inspección hacia las áreas de alto riesgo y así optimar la relación entre el riesgo y el esfuerzo de inspección. La metodología IBR cuantitativa es un instrumento para evaluar el nivel de riesgo del equipo calculando el riesgo asociado con cada pieza del equipo en funcionamiento. El método permite determinar la efectividad del programa de inspección existente o planificada para reducir este riesgo. Este método está basado en llevar a cabo una serie de cálculos para evaluar la probabilidad y consecuencia de fallas de cada pieza del equipo de proceso, que puedan ocasionar escapes, fugas y/o derrames de materiales peligrosos (Norma Técnica PDVSA IR-S-14, 2000).

Esta metodología tiene como fundamento las directrices establecidas por el Instituto Americano del Petróleo en los documentos API RP-580 / 581, los cuales definen el proceso para desarrollar una evaluación de riesgo.

API RP 580 sugiere 4 elementos fundamentales que deben existir en un programa de MBR. Estos son:

- Debe proveer un sistema de gestión para el mantenimiento de la documentación, calificación del personal, requerimiento de datos y el análisis de cambios.
- Debe proveer un método documentado para la determinación de la probabilidad de falla.
- Debe proporcionar un método documentado para la determinación de la consecuencia de la falla.

- Debe proporcionar una metodología documentada para la gestión de riesgo a través de la inspección y otras actividades de mitigación.

Este mantenimiento permite:

- Desarrollar un plan de mantenimiento efectivo en costos.
- Tomar las decisiones correctas, con datos inciertos o insuficientes.
- Priorizar las acciones correctivas.
- Reducir el mantenimiento reactivo.
- Optimizar las necesidades y los costos de inspección y mantenimiento.
- Extender la vida de la planta productiva.

Sobre la propuesta de una metodología para la realización de planes de Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM) existen particularidades de diferentes autores como Balda, A., (2006); González-Quijano, (2004); Khan F.I., Haddara M., (2003); Zhao M-X., Su J., Liu S-G., (2012); Normas API 580/581; Norma API *University*, (2008); Espinosa Martínez, (2014) aunque de forma general coinciden en que dichas metodologías se componen de tres grandes fases fundamentales:

- Fase I: Estimación del riesgo, teniendo en cuenta una estimación de las consecuencias de cada fallo y la probabilidad de que ese fallo se produzca, que incluye la utilización de Análisis de Árbol de Fallos (FTA).
- Fase II: Evaluación del riesgo, definiendo un nivel de riesgo aceptable y comparando los riesgos estimados de cada fallo con ese valor.
- Fase III: Planificación del mantenimiento, optimizando el plan de mantenimiento para reducir la probabilidad de los fallos que sobrepasan el criterio de aceptación, reduciendo así su riesgo.

1.6. El mantenimiento en la Industria Alimentaria

La industria alimentaria es la parte de la industria encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de los alimentos de consumo humano y animal.

El progreso de esta industria nos ha afectado actualmente en la alimentación cotidiana, aumentando el número de posibles alimentos disponibles en la dieta. El aumento de

producción ha ido unido con un esfuerzo progresivo en la vigilancia de la higiene y de las leyes alimentarias de los países intentando regular y unificar los procesos y los productos.

La industria de las bebidas tiene como objeto la elaboración y envasado de las bebidas en general. Está muy diversificada esta industria debido a la gran variedad de bebidas que aborda, no obstante los procesos son generalmente los mismos: una primera fase de recolección de granos (cebada, cacao, té, etc.) que emplea una mano de obra poco especializada, y luego una serie de procesos automáticos que requiere mano de obra semiespecializada la características de las bebidas hace que se componga de dos categorías principales:

- Bebidas alcohólicas.
- Bebidas no alcohólicas.

La industria alimentaria o agroalimentaria requiere sin duda alguna que se logre un nivel muy alto de calidad e higiene, así como que se logre garantizar seguridad a sus trabajadores y del medio ambiente, pues se manipulan una gran cantidad de productos químicos, de aquí la importancia que revierte que las máquinas o equipos con que se cuente para la producción funcionen correctamente, garantizando productividad y confiabilidad, por lo que el mantenimiento juega un rol fundamental en el cumplimiento de estos objetivos.

1.7. El mantenimiento en la Industria Alimentaria cubana

En el VI Congreso del Partido fue discutido y analizado el proyecto final de los lineamientos de la Política Económica y Social, con el objetivo de garantizar el desarrollo económico del país y la elevación del nivel de vida de la población donde fue trazada la estrategia de la política económica en sus distintas esferas haciendo alusión a:

I - Modelo de gestión económica,

IV – Política inversionista,

V - Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente

VIII - Política Industrial y Energética

En sus lineamientos No: 07, 08, 117, 118, 122, 134, 135, 138, 139, 220, 252 y 253, como herramienta eficaz para que nuestra Industria Alimentaria recupere su papel estratégico en

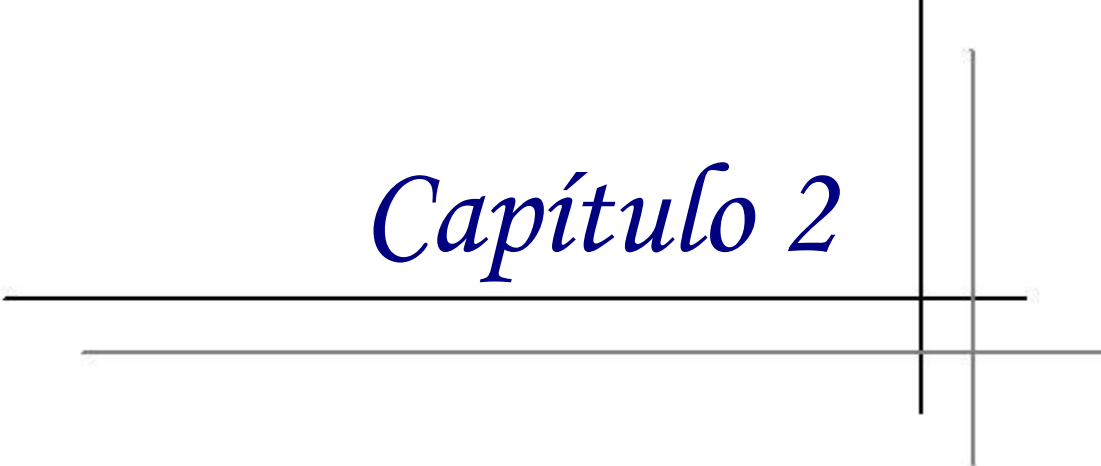
la economía, constituyéndose en fuente de ingresos y un renglón fundamental, darle a nuestro pueblo la alimentación que necesita con una alta calidad.

El sistema de gestión de mantenimiento se rige por un Manual de Sistema de Mantenimiento (MPP), para el sector de la industria alimentaria reelaborado a finales de la década de los 90 por un equipo de experto, donde se traza los requerimiento aplicar en cada una de las actividades dentro del proceso, el mismo por el tiempo que lleva en su aplicación no ha sido rediseñado trayendo consigo deficiencias en la mejor técnica que debe aplicarse en cada uno de los equipos disminuyendo su disponibilidad y aumentando las fallas en los distintos equipos.

1.8. Conclusiones parciales

1. Al analizar las metodologías plantea por diferentes autores para la realización de planes de Mantenimiento Basado en el Riesgo se considera que el más apropiado, de acuerdo a las características de la organización, con los objetivos de la presente investigación, por su transparencia y parsimonia y además por estar implementado en la industria cubana, es el de Espinosa Martínez (2014), que permite detectar el deterioro del equipo antes que ocurra la falla y ejecutar las acciones proactivas para evitarlas.
2. El “estado de la práctica” evidenció que el Sistema de Gestión de Mantenimiento en la Industria Alimentaria se rige por el Manual de Sistema de Mantenimiento (MPP) desde muchos años; es necesario establecer un Sistema de Mantenimiento Industrial que garantice la estabilidad productiva de las instalaciones y la disminución de los costos de producción, en correspondencia con los objetivos planteados en la resolución económica del VI Congreso del Partido de lograr el fortalecimiento institucional.

Capítulo 2

A decorative graphic consisting of two horizontal lines and two vertical lines intersecting to form a cross-like shape, positioned in the bottom right corner of the page.

Capítulo 2: Caracterización de la UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarrás Martínez”, aplicación del procedimiento de MBR seleccionado y análisis de los costos de mantenimiento.

Para dar solución al problema de la investigación planteado, se define en este capítulo la caracterización de la entidad objeto de estudio y como respuesta a las conclusiones parciales arribadas en el Capítulo 1, se realiza la aplicación del procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo seleccionado.

2.1. Caracterización de la UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarrás Martínez”.

La Compañía Embotelladora Coca – Cola S.A, fue fundada el 6 septiembre de 1948, creada con capital norteamericano, como subsidiaria de la CIA la que estaba organizada por dos departamentos Ventas, Producción y una oficina administrativa que atendía ambos departamentos con un solo turno de producción laborando de lunes a sábados en jornadas de 8 horas y una producción de 6 000 cajas de refrescos con tres equipos de producción, aunque se trabajaba muchas horas extras debido a la demanda del producto y lo extenso del territorio, encontrándose al triunfo de la Revolución en perfecto estado de funcionamiento dando paso a la Unidad Empresarial de Base Embotelladora Central “Osvaldo Socarrás Martínez”, perteneciente a la Empresa de Bebidas y Refrescos de Villa Clara creada al amparo de la Resolución 61/97, con una plantilla aprobada de 130 trabajadores, una plantilla cubierta de 93 trabajadores como promedio de ellos: 5 Dirigentes, 12 Técnicos, 4 Administrativos, 7 Servicios, 65 Obreros. En la composición de la fuerza laboral tiene 23Mujeres y 70 Hombres.

Desde el año 2002 se encuentra aplicado el proceso de Perfeccionamiento Empresarial. En la Oficina Central es donde radica la Dirección de la Empresa y está estructura por Direcciones y Grupos de Trabajo que planifican, regulan y controlan el trabajo de las UEB, así como la orientación metodológica de las distintas actividades.

Objeto social

- Producir y comercializar de forma mayorista Refrescos Embotellados PET, Refrescos Carbonatados y Refrescos Concentrados a granel, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Producir y comercializar de forma mayorista de envases PET dentro del sistema de la Unión de Bebidas y Refrescos en pesos cubanos.
- Brindar servicios de comedor a sus trabajadores, en pesos cubanos.
- Comercializar de forma mayorista materias primas y materiales recuperables, residuos de producción como vidrios, plástico y cartón, en pesos cubanos y pesos convertibles al sistema de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas.

Misión:

Satisfacer a través de la producción y comercialización de Bebidas y Refrescos las necesidades del Mercado en el Provincia así como la red de Turismo en el ámbito nacional distinguiéndose por su seriedad, profesionalidad, calidad, variedad y altos niveles de embotellado de nuestros productos.

Visión:

Nuestra Empresa es una entidad líder en la producción y comercialización de Bebidas y Refrescos, manteniendo la misma embotellada en su totalidad y con parámetros que la hacen acreedora del título de Productos Ecológicos, consolidándose una vez más en el mercado de Divisa tanto en frontera cómo en el exterior y considerándose a sus clientes como el recurso más importante, satisfaciendo con gran rapidez sus demandas.

2.1.1. Descripción del área de Mantenimiento

Política general

La actividad de mantenimiento en la empresa tiene como fin mantener en óptimo estado el equipamiento y las instalaciones, que garanticen la producción en los niveles acorde al plan, cumpliendo con lo establecido en el sistema de calidad de la empresa y utilizando para ello el Mantenimiento Preventivo Planificado según la legislación vigente.

Directrices de mantenimiento

En la Empresa de Bebidas y Refrescos de Villa Clara, el mantenimiento se entiende por el conjunto de acciones que permiten garantizar el correcto funcionamiento de máquinas e instalaciones durante la producción, sin paradas no deseadas.

Se ejecutará el mismo por el Sistema Preventivo o Programado que no es más que el trabajo realizado en la máquina o instalación siguiendo unos criterios de plazo, de acuerdo con producción, para no interrumpir esta.

La misión por tanto es reducir la probabilidad de que se produzcan averías, anticipándose a las mismas.

Para lograr esto, la empresa implementa el Mantenimiento Preventivo Sistemático combinándolo con el Mantenimiento Preventivo por Condición o Predictivo.

El Mantenimiento Sistemático se realiza según una frecuencia establecida en base al tiempo de funcionamiento o de unidades productivas y el Mantenimiento por Condición según una condición predeterminada de temperatura, vibración, viscosidad, intensidad, etc.

El instrumento a utilizar es el Manual titulado Organización, Mantenimiento y Reparaciones (Sección I) de la Dirección de Mantenimiento del Ministerio de la Industria Alimentaria.

El mantenimiento que se ha venido aplicando UEB Embotelladora Central incluye tareas preventivas y correctivas basadas en un plan de MPP, orientado desde la dirección de la empresa, que a su vez es orientado desde la dirección del grupo de la Industria Alimentaria.

El área de mantenimiento se encuentra ubicada dentro de la fábrica, la misma cuenta con una oficina, un taller eléctrico y un taller mecánico. Tiene una plantilla de nueve trabajadores, un jefe de mantenimiento, un técnico auxiliar de mantenimiento, cuatro mecánicos, un electricista, un operador de calderas y un obrero encargado de la carpintería y el pintado.

Los principales problemas que han venido afectando el adecuado desarrollo de la actividad de gestión del mantenimiento son los que se listan a continuación:

- Déficit de herramientas.

- Tecnología obsoleta, pues existen equipos que datan desde la fundación de la planta.
- Falta de materiales de repuestos.
- No hay estabilidad en el puesto de Jefe de Mantenimiento

2.1.2. Descripción del proceso de elaboración del Refresco Carbonatado

Los Refrescos Carbonatados son Bebidas refrescantes preparada básicamente con agua tratada, azúcar refino, gas carbónico, agentes aromáticos y ácidos, con la adición de colorantes y agente conservador de uso alimenticio. Estos se producen cumpliendo los requisitos técnico establecidos en la NRIAL 152:98, según los formularios vigentes establecidos por las Unión de Bebidas, la Norma de Procesos, la Norma de Inspección y la Norma de Empresa NEIAL 1665.57 Refrescos Carbonatados. Especificaciones de Calidad.

Este proceso comienza con el tratamiento de agua. El agua llega a la fábrica y se almacena en una cisterna de agua potable de capacidad 120 000 galones y para su purificación se utiliza un equipo de ósmosis inversa diseñado para proveer agua desmineralizada en la cantidad y calidad especificadas, en forma segura.

Con el agua lista para el proceso se pasa a la preparación de jarabe simple, la misma puede realizarse en frío o pasteurizado según la durabilidad que se necesita dar al producto.

A continuación se prepara el jarabe concentrado para lo que se añaden el resto de las materias primas que han sido calculados y pesados previamente sobre la base de la cantidad de jarabe simple ya preparado: Ácidos de uso alimenticio, esencias, colorantes, Benzoato de sodio y otras como: emulsiones y jugos concentrados según las fórmulas, se van adicionando poco a poco manualmente y manteniendo la agitación.

Una vez terminado el jarabe se deja reposar un tiempo mínimo de dos horas y se pasa a la siguiente operación, filtración del sirope, la cual tiene como objetivo eliminar las partículas que puedan tener los siropes a fin de que el refresco terminado cumpla los parámetros de aspectos que se especifican en la NRIAL 152:98; este filtro está construido de maya fina de acero inoxidable, tiene 100 litros de capacidad y trabaja por gravedad.

El jarabe se pasa al UNIMIX para realizar la operación: fabricación de refresco premezclado cuyo objetivo es mezclar en la proporción adecuada el refresco concentrado

con el agua tratada, pasando este refresco a un proceso de enfriamiento, carbonatación y almacenaje, donde estaría el refresco listo para su envasado en pomos PET.

El agua tratada entra al desareador a través de una válvula neumática controlada mediante un nivel de boya. El CO_2 se inyecta al desareador a fin de desplazar el oxígeno disuelto en el agua, la entrada de este gas al equipo es controlada por una válvula solenoide. El agua tratada entra por la parte superior y es dispersada en el interior del desareador mediante una serie de platos perforados que hacen lloviznar la misma en una atmósfera controlada de CO_2 , el oxígeno que se absorbe es expulsado del equipo mediante una válvula de alivio.

El agua ya libre de oxígeno es bombeada a un depósito receptor, el refresco concentrado previamente filtrado pasa a otro depósito, ambos depósitos el de agua y el refresco concentrado descienden por gravedad al depósito de mezcla, la cantidad de agua es controlada mediante un micrómetro, el refresco concentrado se controla mediante una placa perforada. La mezcla, iniciada en el recipiente por el contacto del refresco concentrado y el agua, se completa cuando el producto pasa a través de la bomba de mezcla, esta impulsa el refresco al intercambiador de calor a fin de bajarle la temperatura y lograr así una mejor carbonatación.

La carbonatación ocurre de dos formas distintas: inyección y absorción. La inyección de CO_2 ocurre en el pre-carbonatador, consiste en incorporar gas carbónico a la mezcla antes del tanque carbonatador; la absorción de CO_2 ocurre cuando la mezcla, ya pre-carbonatada, entra en el tanque carbonatador y se encuentra con una atmósfera de CO_2 presurizada, ocurriendo entonces el completamiento de la carbonatación por gravedad a través del filtro.

El envase del refresco carbonatado es el pomo PET (Polietileno-tereftalato) de 330 ml, los mismos son producidos o soplados en la planta de conformado de envases de la fábrica, se embalan en bolsas de nylon blancas y son almacenados sobre palets de plástico cumpliendo las normas de almacenamiento vigentes, del almacén son llevados al área de producción en carretillas.

Los pomos son enjuagados, llenados y tapados en la máquina Monoblock CETRES, comprada en el 2014 a una compañía argentina. La alimentación de pomos a la máquina se produce de forma manual en la estera conductora por dos operadores.

Las tapas son sacadas del almacén y transportadas al área de producción de forma manual en cajas de cartón tapadas y con nylon por dentro, las mismas deben estar limpias, resguardadas del polvo y del medio exterior, se depositan en la tolva de suministro de tapas.

Posteriormente los pomos pasan a través del sistema de estera a la operación de etiquetado, la cual consiste en la colocación de la etiqueta a los envases a fin de que se especifiquen las principales características del producto. Esta operación se realiza en Etiquetadora marca KOSME, Modelo Mini 3S, que está diseñada para una producción de 5000 pomos/hora. Primeramente se comprueba la presencia de aceite en el lubricador de aire comprimido, seguidamente se activa la línea de aire. Se coloca el pistón de suministro de pegamento en posición de trabajo, regulando la cantidad deseada de pegamento suministrada por la bomba. Se colocan las etiquetas en el porta-etiquetas y se acciona el interruptor principal energizando el cuadro de mando central y finalmente se dejan pasar los pomos que serán etiquetados.

Las etiquetas deben quedar perfectamente pegadas a los pomos sin manchas de pegamento ni arrugas, además de presentar la información bien legible. El etiquetado del producto debe cumplir la NC 108: Requisitos generales para el etiquetado. El marcado de los pomos se realiza colocándole una pegatina de forma manual en la tapa.

El retractilado tiene como objetivo el embalaje de los refrescos en la película retráctil. Se realiza en Empacadora marca ZEGLA RZ-500. Los pomos de refresco después de haber sido etiquetados llegan a la empacadora la cual selecciona 12 unidades, los mismos son introducidos en el interior del equipo y envueltos en la película retráctil. Al pasar por el túnel de retractilado la película retráctil se calienta con el calor existente en el interior del túnel, pasando luego al enfriamiento para quedar conformado el paquete. Los paquetes deben quedar con una rigidez que impida el libre movimiento de los refrescos en su interior y que facilite su manipulación.

Los paquetes de refrescos se almacenan en el almacén de producto terminado, es un local cerrado con malla para su protección física, y debe estar limpio, seco y ventilado. Las estibas se hacen separadas por lotes, la altura máxima de la estiba retractilada (sobre parlets) debe ser 4 capas y la separación mínima entre bloques debe ser 50 cm.

Este producto se comercializa con la marca AMARO, en el mercado CADENA en todo el país y la UEB tienen establecido como servicio postventa la inspección en toda la red comercial de forma eventual, para conocer las condiciones de almacenaje, manipulación y rotación del producto. También está establecida la atención a quejas y sugerencias de los clientes.

2.2. Aplicación del procedimiento de MBR seleccionado

Para darle cumplimiento al objetivo de la presente investigación, se aplicará el procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo propuesto por Espinosa J.U. (2014), donde las etapas que lo conforman se muestran a continuación:

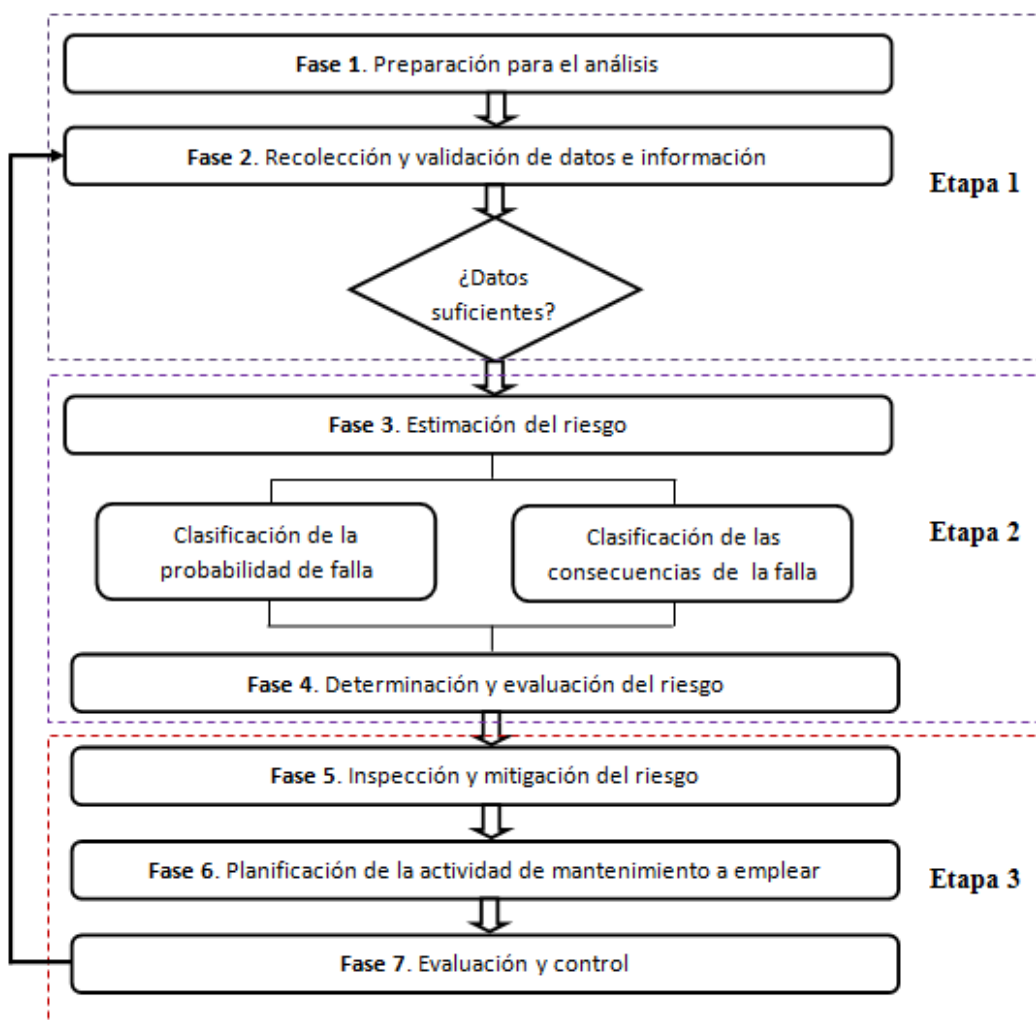


Figura 2.1 Procedimiento a seguir para la ejecución del plan de mantenimiento. **Fuente:** Espinosa Martínez, (2014).

Fase 1. Preparación para el análisis

Conformar el grupo de trabajo para la metodología de MBR

El tamaño del grupo de expertos se definió mediante el procedimiento propuesto por Hurtado de Mendoza (2003) que se muestra en el anexo 1.

En la tabla 2.1 se muestran algunos datos de los especialistas que conforman este grupo de trabajo en la empresa objeto de estudio. El proceso de selección se desarrolló teniendo en cuenta que los mismos tuvieran suficientes conocimientos sobre el tema a tratar y experiencia en la tarea, de manera que garantizaran resultados consecuentes con el objetivo perseguido.

Tabla 2.1: Relación de los expertos seleccionados.

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	Reinier Pérez	Mecánico A	28
2	Alfonso Aguilar	Mecánico A	7
3	Esteban Ofari	Mecánico A	20
4	Alberto Palmero	Operador de calderas	30
5	Gladis Hernández	Técnica auxiliar de Mantenimiento	10
6	Bárbaro Chio	Operador del Monoblock	20
7	Juan Carlos	Operador del Monoblock	25
8	Maikel Chie	Operador del sistema de refrigeración	18

Establecer el plan de trabajo

En este paso, se deben definir claramente los objetivos que se persiguen con el estudio que se va a realizar, ya que su definición condicionará el alcance del análisis MBR, así como facilitará el proceso ya que se garantiza que el grupo de trabajo entienda y acepte las condiciones bajo las cuales acometerán su labor.

El líder del equipo o el facilitador (en este caso es la Técnica auxiliar de Mantenimiento), prepara el plan de trabajo para llevar a cabo la aplicación del MBR a los equipos más críticos de la UEB Embotelladora Central y precisa como objetivos del mantenimiento en los definidos por Espinosa Martínez (2007) en su tesis de maestría:

El mantenimiento en la UEB persigue los siguientes objetivos:

1. Garantizar la máxima disponibilidad del equipamiento y las instalaciones al mínimo costo posible.
2. Mejorar la fiabilidad del servicio teniendo en cuenta las horas de funcionamiento del equipamiento, calidad del servicio, seguridad de las personas, buen rendimiento energético y mínimo deterioro ambiental. Todos estos conceptos son medibles de la siguiente forma:
 - Horas de funcionamiento: según el programa de trabajo, se definen las horas de funcionamiento anual, previstas y ejecutadas.
 - Calidad del servicio: teniendo en cuenta si el fallo del equipo afecta la calidad del servicio (nivel de afectación de la calidad que conlleva al fallo del equipo).
 - Seguridad de las personas: la eficacia de la seguridad se mide teniendo en cuenta el índice de ocurrencia de accidentes (cantidad de accidentes en un período dado de tiempo) y en el índice de gravedad de estos (si los efectos son graves o si proporcionan algún tipo de riesgo a los trabajadores).
 - Buen rendimiento energético: traducido en la eliminación de las pérdidas de energía que incrementan los costos de operación.
3. Prolongar la vida útil de los activos fijos de la planta de producción.
4. Contribuir a la comodidad y el mantenimiento de las condiciones ambientales.
5. Cuidar la imagen de la institución desde el punto de vista del entorno físico.

Los límites de aplicación están relacionados a la hora de la selección del equipamiento a analizar, el cual se mostrará en la fase 2, llevado a todos aquellos equipos que de no funcionar correctamente pudieran ocasionar la parada de la producción e inclusive afectar la salud de los trabajadores del centro y llegar a contaminar el medio ambiente.

Fase 2. Recolección y validación de datos e información

Definir una jerarquía técnica para los equipos de la planta

La jerarquía técnica para los equipos de la planta se muestra en el anexo 2.

Listado de funciones y especificaciones de los equipos

Completar este paso significa detallar todas las funciones que tiene el sistema que se está estudiando, cuantificando cuanto sea posible cómo se lleva a cabo esa función en cada uno de los equipos que conforman la línea de producción del Refresco Carbonatado, este listado de funciones y especificaciones de los equipos se puede apreciar en la tabla de elaboración del FMECA en la primera columna (ver anexo 3).

Análisis del estado técnico de los equipos

Para el análisis del estado técnico de los equipos se le aplicó, a los equipos que conforman la línea de producción del Refresco Carbonatado, la Guía para elaborar el diagnóstico del estado técnico de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas, la lubricación y la organización y limpieza de la industria, expedida por el Ministerio de Industrias en febrero del 2013 (ver anexo 4).

Selección del equipamiento a analizar

La selección de los equipos que son prioritarios se puede basar en la importancia relativa de los siguientes criterios:

- Cantidad de paradas que ocasiona a la producción.
- Nivel de afectación que puede tener para la salud de los trabajadores y el medio ambiente.

La satisfacción de los clientes es el objetivo fundamental de cualquier institución o empresa sea de producción o de servicio, por lo que las paradas en las labores productivas debido a problemas técnicos de los equipos tiene en muchos casos como consecuencia incumplimientos en los planes de producción o atrasos en los pedidos y por consiguiente, ya sea uno u otro caso, la insatisfacción de los clientes.

Por otra parte el recurso humano es el bien máspreciado de una organización y es una obligación de la misma velar por la seguridad y el bienestar de todos sus trabajadores.

La contaminación es la alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio (contaminante),

causando inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. La contaminación puede producir enfermedades, así como causar graves daños en un río o estanque y afectar la vida allí existente.

Bajo el supuesto de seleccionar para el análisis inicial de la aplicación del MBR en la entidad a aquellos equipos donde dicha aplicación refleje el logro de los mejores beneficios y a la vez traiga una mayor seguridad a los trabajadores y al medio ambiente de la entidad objeto de estudio, se seleccionó un grupo de equipos, determinados a través del Criterio de los expertos con el uso de la prueba W de Kendall, como se muestra en el anexo 5. En la prueba estadística el Coeficiente de Concordancia de Kendall (W), ofrece el valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos. Este método de pronóstico es importante porque brinda un modelo para la ordenación de entidades de acuerdo a un consenso, cuando no hay un orden objetivo de las entidades. Finalmente quedan seleccionados los equipos que se muestran a continuación:

- ✓ Etiquetadora
- ✓ Enjuagadora, llenado, roscadora (Monoblock CETRES)
- ✓ Compresor de frío o de amoníaco
- ✓ Mezclador UNIMIX

Fase 3. Estimación del riesgo

El riesgo puede ser definido como la combinación entre la probabilidad de que ocurra un determinado evento o fallo y la consecuencia (generalmente negativa) asociada con ese fallo o evento.

El análisis de probabilidad de falla en un programa de MBR se realiza para estimar la probabilidad de la ocurrencia que genere una consecuencia adversa.

La determinación de las consecuencias de fallo tiene como objetivo principal evaluar el impacto de los modos de fallo, para analizar más profundamente a las mismas se estudia por cada fallo, las consecuencias para el medio ambiente, la seguridad de los trabajadores, operacionales, no operacionales y para la imagen de la empresa como se muestra en el anexo 6.

Para la estimación del riesgo se construye el FMECA (ver anexo 6 hasta la columna de Criticidad), como se puede apreciar la estimación se realizará de forma cualitativa por lo que para lograr la correcta elaboración del FMECA se analiza con anterioridad el escenario donde se unen el árbol de fallas, el suceso o modo de fallo y el árbol de consecuencias de cada equipo seleccionado en la fase anterior (ver anexo 7). La técnica del Árbol de Fallas es una de las más usadas para estimar la frecuencia de ocurrencia de eventos no deseados en sistemas con varios componentes.

La utilización de este método de análisis de riesgos permite un conocimiento exhaustivo de las relaciones causa-efecto existente entre los diversos fallos posibles del sistema.

Fase 4. Determinación y evaluación del riesgo

Esta fase se realiza a través de la utilización de la matriz de riesgo como se muestra en el procedimiento seleccionado y en el anexo 8. Para cada causa de los distintos modos de fallos por equipos se ubica en dicha matriz como se puede observar en la tabla del FMECA en el anexo 3 en la columna de Aceptabilidad.

Fase 5. Inspección y mitigación del riesgo

En esta etapa del procedimiento se le dan valores de aceptabilidad al nivel de riesgo según la tabla del anexo 9 y se puede observar en el anexo 3 en la columna de Aceptabilidad.

Fase 6. Planificación del tipo de mantenimiento a utilizar en la planta

La planificación del tipo de mantenimiento que se debe aplicar al componente asociado al modo de fallo correspondiente se realiza a través del esquema desarrollado por González-Quijano (2004) que se muestra en el anexo 10 y queda definido para los componentes en las últimas tres columnas del anexo 3 y de forma general para cada equipo el tipo de mantenimiento a realizar de manera que se minimice la probabilidad de falla, es el siguiente:

Tabla 2.2. Tarea de mantenimiento por equipo

Equipo	Tipo de Mantenimiento
Monoblock	Mantenimiento preventivo programado

Etiquetadora	Mantenimiento preventivo programado
Compresor de frío o de amoníaco	Mantenimiento preventivo programado
Mezclador UNIMIX	Mantenimiento preventivo programado

Fase 7. Evaluación y control

Para evaluar y controlar cuán efectivas han sido las acciones correctivas, preventivas y/o de mejoras propuestas como consecuencia de la planificación del tipo de mantenimiento estará en dependencia de los imprevistos que puedan ocurrir en la fábrica, ya sea sustitución de un equipo por otro, donde de ser el caso sería necesario repetir el estudio realizado en la presente investigación para evaluar los posibles riesgos que el mismo posea para la seguridad de los trabajadores, el medio ambiente y la producción. Si la situación en la entidad sigue en las mismas condiciones se propone un seguimiento con una periodicidad de un año, para controlar que los equipos no hayan cambiado de lugar en la matriz de riesgo, y la frecuencia planteada en el FMECA (ver anexo 3).

2.3. Análisis de los costos de mantenimiento.

En la actualidad la toma de decisiones respecto al desempeño de los sistemas de mantenimiento, constituye indiscutiblemente un aspecto de primer orden a resolver, ya que mediante la garantía del mismo se propicia, no solo la adecuada evaluación y control de la gestión del mantenimiento con vistas a lograr su mejoramiento continuado, sino, además, el logro de una mayor disponibilidad de las capacidades productivas instaladas en la entidad bajo estudio.

El conocimiento de los costos de mantenimiento tiene como fin precisar de manera objetiva y realista lo que cuesta la función de mantenimiento para reducir los costos globales del mismo a un nivel mínimo o mantenerlos, respaldados por una buena producción, alta calidad, y un buen estado de las instalaciones, además de generar información que facilite al personal la toma de decisiones.

Para establecer el costo total o general de la actividad de mantenimiento o reemplazo con base en la bibliografía consultada, se propone la siguiente ecuación, planteada por Gutiérrez Urdaneta, y otros, (2012):

$$C_g = C_i + C_f + C_{pd}$$

Donde:

C_i : representan los costos de las intervenciones y se pueden estimar mediante la ecuación siguiente:

$$C_i = C_R(AM) + C_M(AM) + C_L(AM) + C_C(AM)$$

Donde:

$C_R(AM)$: costo de las piezas y/o partes (repuestos) a reemplazar durante la actividad de mantenimiento mayor (equipos reparables) o costo del equipo a reemplazar (equipo no reparable).

$C_M(AM)$: costos de materiales y/o equipos necesarios para llevar a cabo la actividad de mantenimiento o reemplazo (herramientas, grasas, aceites, combustibles, etc.).

$C_L(AM)$: costos de labor o mano de obra requerida para realizar la actividad de mantenimiento o reemplazo. El costo de labor se estima según la siguiente ecuación:

$$C_L(AM) = DAM * CMO$$

Donde:

DAM : duración de la actividad de mantenimiento o reemplazo. Son la cantidad de horas hombres necesarias para llevar a cabo la actividad de mantenimiento o reemplazo y se mide en (H/H).

CMO : costo de Mano de Obra. Es el costo de la hora hombre, bien sea propia o contratada se mide (\$/ (H/H))

$C_C(AM)$: costos de los consumibles (papelería, ropa, publicidad, avisos) requeridos para la actividad de mantenimiento o reemplazo, se mide en (\$).

C_f : costos de fallas. Se refiere a los costos en que se podría incurrir tras una actividad de mantenimiento planificada o realizada de manera inadecuada; esto incluye costos de fallas por el uso de repuestos defectuosos, y/o falta de procedimientos y personal calificado.

CPD: el costo de producción diferida, en caso de que se requiera la parada del equipo o exista una disminución del flujo producido, durante la realización de la actividad de mantenimiento o reemplazo. El modelo para este costo viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{CPD} = \text{DAM} * \text{PP} * \text{RF}$$

Donde:

CPD: Costo de la producción diferida o costo de lo que se deja de producir.

DAM: Tiempo de la duración de la actividad de mantenimiento.

PP: es el precio del producto (\$/Unid).

RF: es la reducción de flujo (Unid/Hr) o disminución de la producción causada por la falla del equipo.

Para analizar estos costos en la entidad objetos de estudio, se tomará como base el primer trimestre del año 2015 (enero, febrero y marzo) y los cuatro equipos seleccionados como más críticos en el epígrafe anterior (Etiquetadora, Monoblock, Compresor de frío o de amoníaco y el Mezclador UNIMIX).

Para mostrar el tiempo de interrupción de los equipos analizados, así como las causas de las mismas, se muestra la tabla siguiente:

Tabla 2.3. Tiempo de interrupción y las causas por equipo

Equipo	Fecha de interrupción (desde-hasta)	Cantidad de horas sin funcionar	Causas
Monoblock	23 febrero - 31 marzo	288	La pizarra digital se rompió, problemas con el PLC
Etiquetadora	25 febrero – 29 febrero	40	Ajuste de los rodamientos, engrase
Mezclador UNIMIX	-	-	-
Compresor de frío	3 marzo – 27 marzo	192	Ajustes de la válvula de seguridad, el sello cigüeñal

o de amoníaco			y la válvula de pulga
---------------	--	--	-----------------------

Análisis de los costos de intervención (Ci)

Costos de las piezas y/o partes de repuestos (C_R)

En el período analizado las piezas a reemplazar durante la actividad de mantenimiento, en cuanto al Monoblock estuvo a cargo de la Empresa ALIMATI con un costo de \$ 2505.5, mientras que al Compresor de frío o de amoníaco la Empresa REFRISTEL (Empresa de refrigeración y caldera) con un costo de \$10 000. Por otra parte para reparar la Etiquetadora se utilizaron 8 rodamientos con un costo total de \$236,11; por tanto:

$$C_R = \$ 2505.5 + \$ 10\,000 + \$ 236,11 = \$ 12\,741,61$$

Costos de materiales y/o equipos necesarios (C_M)

Para llevar a cabo la actividad de mantenimiento o reemplazo se realizó un gasto de aceite y de grasa para la correcta lubricación de los equipos de aproximadamente 20 litros (1,723 \$/lt) y 5 kg (0,0532 \$/lt) respectivamente, para un valor total de \$ 34,726. Por otra parte se compró un juego de herramientas que consta de 72 piezas por un valor de \$ 3 760,38; por tanto:

$$C_M = \$ 34,726 + \$ 3\,760,38 = \$ 3\,795,106$$

Costos de labor o mano de obra (C_L)

La mano de obra requerida para realizar la actividad de mantenimiento está compuesta por cuatro mecánicos A, los cuales tienen un salario al mes de \$360; por tanto:

$$C_L = 3\text{meses} * 360\$/\text{mes-mecánico} * 4\text{mecánicos} = \$4320$$

Costos de los consumibles (C_C)

Los costos de papelería, ropa, requeridos para la actividad de mantenimiento no se tienen registrados en la entidad objeto de estudio pues son considerados de insignificantes respecto a los anteriores ya mencionados.

$$C_i = C_R + C_M + C_L + C_C = \$12\,741,61 + \$3\,795,106 + \$4320 = \$ 20\,856,716$$

Costos de fallas (Cf)

Es importante destacar que en la mayoría de los casos estos costos (actividad de mantenimiento planificada o realizada de manera inadecuada, costos de fallas por el uso de repuestos defectuosos, y/o falta de procedimientos y personal calificado) no se toman en cuenta debido que son muy bajos en comparación con los costos de las intervenciones y los costos por pérdidas de producción.

Costo de Producción Diferida (CPD)

La parada del equipo durante la realización de la actividad de mantenimiento provoca una disminución del flujo productivo, en el primer trimestre del año el tiempo que se dejó de producir fue de 328 horas, el flujo de producción de la fábrica es de aproximadamente 300 cajas/hora (12 pomos por caja) y la empresa vende a sus clientes a \$3 la caja de refresco con un costo de producción de \$2,70, teniendo una ganancia de \$0,30, por tanto:

$$C_{PD} = 328 \text{ horas} * 300 \text{ cajas/hora} * 0,30 \$ / \text{caja} = \$ 29\,520$$

Costo total o general de la actividad de mantenimiento (Cg)

$$C_g = C_i + C_f + C_{PD} = \$ 20\,856,716 + \$ 29\,520 = \$ 50\,376,716$$

Con el análisis realizado y las propuestas planteadas en la presente investigación, los costos totales o generales de las actividades de mantenimiento disminuyen, pues no se incurren en los costos de las piezas y/o partes de repuestos al ocurrir una falla en los equipos, ni en los costos de producción diferida, pues entre menos fallas ocurran o se demoren menor tiempo en detectarla o repararla, menor será la producción perdida.

Por otra parte se incrementa un costo de capacitación (C_{cap}), a los trabajadores directamente asociados a la actividad de mantenimiento, para aumentar los conocimientos de los mismos en cuanto al Mantenimiento Basado en el Riesgo, para ello se contaría con la ayuda de especialistas externos contratados por el CIH (Centro Inter de la Habana), durante un mes por un valor de \$2 700; por tanto:

$$C_i = C_M + C_L + C_C = \$3\,795,106 + \$4\,320 = \$8\,115,106$$

$$C_g = C_i + C_{cap} = \$8\,115,106 + \$2\,700 = \$10\,815,106$$

2.4. Conclusiones parciales

1. En la UEB Embotelladora Central el sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado empleado no permite garantizar en su totalidad los objetivos que se le exige para este tipo de trabajo pues presenta problemas que afecta el desempeño adecuado del proceso productivo, por lo que se hace necesario implementar estrategias de mejora en su planificación para los equipos.
2. El procedimiento de mantenimiento basado en el riesgo se ajustó a las condiciones existentes en la UEB, ayudando así a la toma de decisiones sobre las actividades de mantenimiento a aplicar según la criticidad de los fallos que pueden ocurrir en los equipos objeto de estudio.
3. El análisis de los costos de mantenimiento bajo el enfoque presentado permite reducir los niveles de incertidumbre en cuanto a la pérdida que representa para la empresa desde el punto de vista económico las fallas que puedan ocurrir en los equipos, sobre todo los costos asociados a la producción diferida.



Conclusiones

Conclusiones generales

1. El estudio bibliográfico realizado para la construcción de la Revisión Bibliográfica de la investigación confirma la existencia de una amplia base conceptual sobre el mantenimiento y sus aplicaciones, sin embargo, son escasos los precedentes sobre el tratamiento del Mantenimiento Basado en el Riesgo en empresas cubanas, específicamente en la Industria Alimentaria.
2. La aplicación del procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo seleccionado en la UEB Embotelladora Central posibilitó determinar los principales riesgos, así como detectar las oportunidades de mejora que mayor impacto pueden tener en el incremento del desempeño de la Gestión de Mantenimiento en la entidad.
3. Los resultados alcanzados en la presente investigación posibilitará la reducción en gran medida de los costos de las actividades de mantenimiento, principalmente los asociados a la producción diferida, influyendo a su vez en una disminución de los costos de la empresa en su totalidad y haciendo a la misma más competitiva y eficiente dentro del mercado.

Recomendaciones

A decorative graphic consisting of three lines: a horizontal line, a vertical line, and a diagonal line intersecting at a point to the right of the text.

Recomendaciones

1. Considerar las acciones planteadas en la presente investigación para ser aplicadas en la Embotelladora Central.
2. Establecer un sistema de información en la UEB que permita recolectar los datos necesarios para realizar un análisis estadístico de la frecuencia necesaria para llevar a cabo las actividades de mantenimiento propuestas.
3. Realizar un plan de capacitación para el personal de mantenimiento con vistas a entrenarlo en el tema objeto de estudio para alcanzar mejores resultados en las actividades de mantenimiento.
4. Aplicar el procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo al resto de los equipos de la UEB Embotelladora Central, analizando la factibilidad de su implantación y considerando las modificaciones que en cada caso pudieran ser necesarias.

Bibliografía

A decorative graphic consisting of two horizontal lines and two vertical lines intersecting to form a cross-like shape in the bottom right corner of the page.

Bibliografía

1. Aguilar de Oro, Yoandry, (2012) *Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo. Aplicación en la Empresa Mecánica “Indalecio Montejo” de Ciego de Ávila.* . Tesis presentada para optar por el Título Académico de Ingeniería Industrial. UCLV. Santa Clara. Cuba.
2. API University. (2008) “*RBI Focuses Resources, Optimizes Inspection Planning*” www.api-u.org/documents/RBITraining-2008_US.pdf.
3. Balda, A. (2006) *Plan de Inspección Basada en Riesgo para Equipos Estáticos de una Instalación de Procesamiento de Hidrocarburos.* Trabajo de Postgrado, Universidad Simón Bolívar.
4. 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. UCLV. Santa Clara, Cuba.
5. Bustamante Barberena, Geraldo A. (2006) *Situación actual e implementación de mejoras, en el mantenimiento mecánico de los sistemas de enfriamiento por agua y de suministro de agua de proceso de planta San Miguel, de cementos progreso, S.A.* Trabajo de grado para Ingeniero Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala.
6. Crespo Márquez, Adolfo y otros, (2004) *Ingeniería de Mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos.* AENOR. España.
7. Crespo Márquez, Adolfo, (2007) *The Maintenance Management Framework. Models and Methods for Complex Systems Maintenance.* Sevilla. España.
8. Chersia Azcárate, Alejandra D. (2009) *Elaboración de planes de mantenimiento basado en riesgo de equipos estáticos en los sistemas de precalentamiento, calentamiento y fraccionamiento de cruso.* Trabajo de grado para Ingeniero Mecánico. Barcelona. España.
9. Choudhry, Moorad, (2006) *An introduction to value at risk.* Cuarta Edición. John Wiley & Sons, LTD. Estados Unidos.

10. Crouhy, Michel y otros, (2006) *The essentials of risk management*. McGraw-Hill. New York. Estados Unidos.
11. De la Paz Martínez, Estrella M. (2002) *Herramientas para la toma de decisiones en la gestión integral del mantenimiento de activos fijos*. Material complementario de curso. UCLV.
12. De la Paz, E. (2015) *Ingeniería de confiabilidad*. Material complementario del curso del mismo nombre. Maestría en Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Edo. Veracruz, México.
13. De la Paz Martínez, Estrella 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. UCLV. Santa Clara. Cuba.
14. Espinosa Martínez, J. U. (2007) *Sistema de Mantenimiento basado en Producciones Más Limpias para equipos energéticos de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos de la UCLV*. Tesis presentada para optar por el Título Académico de Máster en Ingeniería Industrial Mención Mantenimiento. UCLV. Santa Clara. Cuba.
15. Feal Veira, Álvaro y otros, (2002) *El mantenimiento como gestión del valor para la empresa. Fundación Cotec para la innovación tecnológica*. Madrid. España.
16. Gangi, S. (2012) *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad: Ejemplo de Aplicación en una Industria Farmacéutica*. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Colombia.
17. García Garrido, Santiago, (2013) *Ingeniería de Mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento*. Madrid. España.
18. García Garrido, Santiago, (2010) *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Díaz de Santos, S.A. Madrid. España.
19. García González-Quijano, Javier, (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 presentada para optar

por el Título Académico de Máster en Gestión Técnica y Económica en el Sector Eléctrico. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad Pontificia Comillas. Madrid. España.

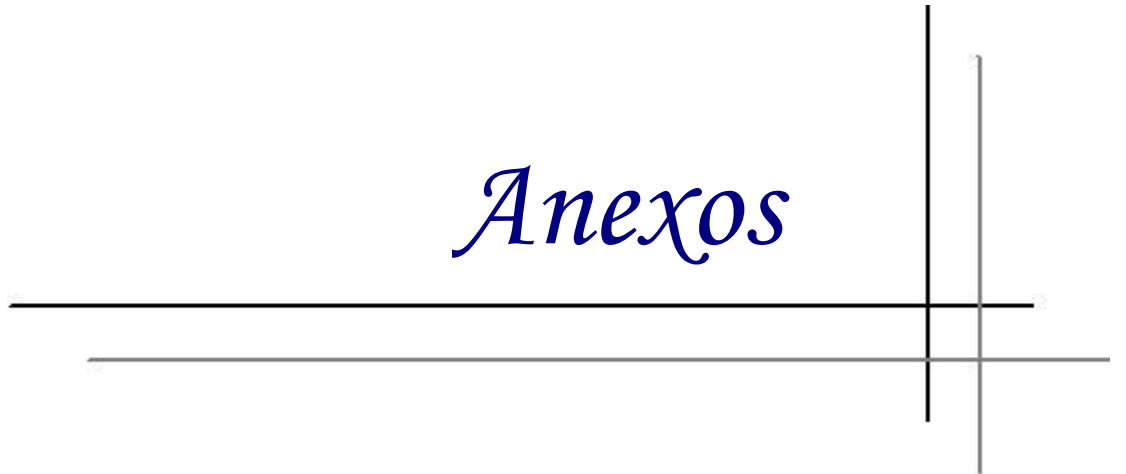
20. González Rocha, Ángel M. y Mora Ballesteros, Leonardo, (2006) *Modelo Gerencial de Mantenimiento para la Planta Manufacturas de Cemento S.A.* Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia.
21. Gutiérrez Urdaneta, Edwin E. y otros, (2012) *Optimización Costo Riesgo para la determinación de Frecuencias de Mantenimiento o de Reemplazo.* Reliability and Risk Management, S.A. Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.
22. Knezevic, Jezdimir, (1996) *Mantenimiento.* Isdefe. Madrid. España.
23. López García, J. (2013) *Gestión del Mantenimiento eficiente: Las cinco generaciones del Mantenimiento.* Disponible en: http://www.google scholar.com/articles/las_cinco_generaciones_del_mantenimiento.html
24. Martínez Giraldo, León Augusto, (2014) *Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional.* Tesis presentada para optar por el Título Académico de Máster en Ingeniería Eléctrica. Facultad de Minas, Departamento de Energía Eléctrica y Automática. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia.
25. Martínez R. Luis, (2007) *Organización y Planificación de sistemas de mantenimiento.* Centro de Altos Estudios Gerenciales. Instituto Superior de Investigación y Desarrollo. Caracas. Venezuela.
26. Medel Jiménez, Julio C., (2010) *Factibilidad de aplicación del Mantenimiento Basado en Fiabilidad en las PYME'S.* Unidad profesional interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas. Instituto Politécnico Nacional. México.
27. Montecelos Trashorras, Jesús, (2006) *Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios.* Ed. Thomson Learning Ibero. España.

28. Mora Gutiérrez, Alberto, (2007) *Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque sistémico kantiano* .AMG. Envigado Antioquia. Colombia.
29. Mora Gutiérrez, Alberto (2014) *Mantenimiento Industrial Efectivo*. Editorial COLDI. Envigado Antioquia Colombia.
30. Moreno Escudero, E. y J. Rubiano Sánchez, (2010) *Modelo de un Plan de Mantenimiento basado en la Metodología RBI (Inspección Basada 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 Asedius Bogotá. Bucaramanga.
31. Moubray, J. (1997) *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Ed. Butterworth-Heinemann.
32. Navarrete, E. y otros, (1998) *Gestión y Calidad del Mantenimiento*. CEIM: MES. La Habana. Cuba.
33. Neto Chusin, Edwin Orlando, (2008) *Mantenimiento Industrial*. Ecuador.
34. Nitz, Luis M. (2004) *Sistema de inspección basada en el riesgo*. Facultad de Ingeniería. Universidad Austral. Comodoro Rivadavia. Argentina.
35. Normas API 580/581 (2003) *Inspección Basada en Riesgo y su implementación en las Mantenciones Minera* www.mantenimin.cl/esp/resúmenes/A24.pdf.
36. Norma Técnica PDVSA IR-S-14, (2000) *Integridad Mecánica De Equipos Estáticos*. PDVSA. Venezuela.
37. Norma UNE EN-13306, (2002) Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
38. Parra, Carlos, (2012) *Taller: Técnicas básicas de confiabilidad, priorización de sistemas críticos y análisis de modos y efectos de fallas críticos*. Ingeman. Chile.
39. Parra Márquez, Carlos A. y Crespo Márquez, Adolfo, (2012) *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. Desarrollo y

- aplicación práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento*. Ingeman. Sevilla. España.
40. Pérez Borrajo, Arlety, (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. UCLV. Santa Clara. Cuba.
41. Portuondo Pichardo, F. (1990) *Economía de Empresas Industriales*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
42. Prado, Raúl R. (1996) *Manual Gestión de Mantenimiento a la medida*. Piedra Santa S.A. Guatemala.
43. Rodríguez Díaz, Yasmany, (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 para optar por el Título Académico de Máster en Ingeniería Industrial Mención Mantenimiento. UCLV. Santa Clara. Cuba.
44. Rodríguez Lado, Iván, (2012) *Procedimiento para la selección del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos de la Unidad Empresarial de Base “Vinatera del Norte”*. Tesis presentada para optar por el Título Académico de Ingeniería Industrial. UCLV. Santa Clara. Cuba.
45. Sabina, R. C., (2012) *El mantenimiento en la Industrial. Su importancia*.
46. Silva Martínez, Carlos E. (2007) *Diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre*. Trabajo de graduación para Ingeniero Mecánico. Pereira. Colombia.
47. Torres, Leandro Daniel, (2005) *Mantenimiento. Su Implementación y Gestión*. Segunda Edición. Argentina.
48. Trujillo C., Geraldo, (2014) *Aplicación de la Norma ISO 5500X para la Gestión de Activos Físicos*. Asociación mexicana de profesionales en Gestión de Activos A.C. México.

49. Tobalina, F. (1994) *TPM. Mantenimiento productivo total. Realidad y aplicación práctica.*
50. Vega Mendoza, Pedro José, (2009) *Diseño de la estrategia de Mantenimiento basada en la confiabilidad, RCM, e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la Empresa ITALCOL S.C.A.* Tesis de grado. Escuela de Ingeniería y administración Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia.
51. Yee Chong, Yen, (2004) *Investment risk management.* John Wiley & Sons, LTD. Estados Unidos.
52. Zhao M-X.; Su J. y S-G. Liu, (2012) *Risk assessment based maintenance management for distribution ne tworken.* Journal of international council on electrical engineering. Volume 2, número 1, pp. 84-89.

Anexos



Anexo 1. Método de expertos Fuente: Hurtado de Mendoza, (2003)

En este método la selección de los expertos se realiza mediante la aplicación de un procedimiento cuyas etapas se describen a continuación:

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

Teniendo en consideración estos requisitos se reúnen un conjunto de candidatos que se ubican en una tabla como la que se muestra a continuación.

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia	Especialidad
...	...	...	...	...

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

Es un método de autoevaluación totalmente anónimo. Se aplica un instrumento, en el cual el candidato expresa el grado de conocimiento sobre el tema y las fuentes de dicho conocimiento, que se explica a continuación.

Encuesta

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

Nombre del experto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

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

Anexo 1. Continuación...

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

Con la primera pregunta de la encuesta se determina K_a y con la segunda K_c , ya con el valor de estos coeficientes se pasa a calcular K_{comp} . En el procesamiento se calcula el coeficiente de competencia de la siguiente forma:

$$K_{comp} = 0.5 * (K_c + K_a)$$

Donde:

K_{comp} : Coeficiente de competencia.

K_c : Coeficiente de conocimiento: resulta del promedio de los valores que cada candidato le otorga a cada una de las preguntas, según el conocimiento que considere tenga al respecto.

K_a : Coeficiente de argumentación: es el resultado de la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación. [$K_a = \Sigma n$]

Para determinar los valores de K_a se tiene en cuenta la tabla que utiliza Hurtado de Mendoza, la que se presenta a continuación:

Anexo 1. Continuación...

Nº	Fuentes de argumentación o fundamentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
2	Experiencia práctica	0.5	0.4	0.2
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
5	Conocimiento del estado del conocimiento en el extranjero	0.05	0.05	0.05
6	Intuición	0.05	0.05	0.05

3- Selección de los expertos

Para seleccionar los expertos se toman los siguientes criterios:

Competencia del experto Alta (A): si $K_{comp.} > 0.8$

Competencia del experto Media (M): si $0.5 < K_{comp.} \leq 0.8$

Competencia del experto Baja (B): si $K_{comp.} \leq 0.5$

El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, nunca se utilizará expertos de competencia baja.

Lo anterior se combina con el cálculo del número de expertos necesarios para el análisis, a través de la expresión siguiente:

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

De acuerdo con el número de expertos resultante del cálculo, se seleccionan aquellos de mayor competencia según el K_{comp} determinado en el paso 2, con la encuesta.

Anexo 1. Continuación...

Selección del grupo de expertos

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

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	Reinier Pérez	Mecánico A	28
2	Alfonso Aguilar	Mecánico A	7
3	Esteban Ofari	Mecánico A	20
4	Alberto Palmero	Operador de calderas	30
5	Rubén Pérez	Mecánico A	1
6	Jorge Rodríguez	Carpintero, pintor	1
7	Gladis Hernández	Técnica auxiliar de Mantenimiento	10
8	William Peláez	Electricista	1
9	Bárbaro Chio	Operador del Monoblock	20
10	Juan Carlos	Operador del Monoblock	25
11	Maikel Chie	Operador del sistema de refrigeración	18

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

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

Anexo 1. Continuación...

Encuesta

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

[illegible]

Anexo 1. Continuación...

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

Mecánico A (1)

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

Mecánico A (2)

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

Anexo 1. Continuación...

Mecánico A (3)

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

Operador de calderas

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

Anexo 1. Continuación...

Mecánico A (4)

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

Carpintero, pintor

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

Anexo 1. Continuación...

Técnica auxiliar de mantenimiento

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

Electricista

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

Anexo 1. Continuación...

Operador del Monoblock

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

Operador del Monoblock

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

Anexo 1. Continuación...

Operador del sistema de refrigeración

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

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

Nº	Coeficiente de conocimiento	Coeficiente de argumentación	Coeficiente de competencia	Nivel de competencia
1	1	1	1	Alto
2	0.8	1	0.9	Alto
3	0.5	1	0.75	Medio
4	0.8	0.9	0.85	Alto
5	0.5	0.5	0.5	Bajo
6	0.5	0.7	0.6	Medio
7	1	1	1	Alto
8	0.7	0.5	0.6	Medio
9	0.8	1	0.9	Alto
10	0.9	1	0.95	Alto
11	1	1	1	Alto

Anexo 1. Continuación...

Selección de los expertos

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

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

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

Anexo 2. Continuación...

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

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

i = 0.1

P = 0.02 (proporción estimada de errores de los expertos)

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

$$M = \frac{0.02 * (1 - 0.02) * 3.8416}{0.1^2}$$

$$M = 7.529 \approx 8 \text{ expertos}$$

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

Anexo 1. Continuación...

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	Reinier Pérez	Mecánico A	28
2	Alfonso Aguilar	Mecánico A	7
3	Esteban Ofari	Mecánico A	20
4	Alberto Palmero	Operador de calderas	30
5	Gladis Hernández	Técnica auxiliar de Mantenimiento	10
6	Bárbaro Chio	Operador del Monoblock	20
7	Juan Carlos	Operador del Monoblock	25
8	Maikel Chie	Operador del sistema de refrigeración	18

Anexo 2. Jerarquía técnica para los equipos



Anexo 3. Construcción del FMECA

Descripción de los elementos que componen el FMECA:

Función: Se debe identificar claramente la función del equipo, es decir, la razón de ser del mismo, el motivo por el cual fue adquirido para que cumpliera un objetivo. Normalmente se identifica claramente con el nombre del mismo equipo.

Modos de falla: Se describen según la funcionalidad del equipo a analizar, normalmente se pueden identificar como el evento que causa una falla funcional.

Causas de falla: Define qué pudo haber originado ese tipo de falla.

Efectos de falla: Después de haber identificado los modos y causas de falla se pasa a referir los efectos de falla, que describen lo que pasa cuando un modo de falla ocurre, permite analizar la importancia de las fallas y que consecuencia llegaría a ocurrir si se materializa dicho modo de falla.

Detección / Síntoma de la falla: Es la manera como se puede identificar una falla, si muestra algún síntoma previo que permita identificarla antes de que ocurra.

Anexo 3. Continuación...

Tabla de severidad

Ranking	Descripción	
1	Insignificante	No afecta la capacidad física, ni al medio ambiente, no tiene impacto operacional.
2	Marginal	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal no mayor a 8 días, provoca daños menores (accidentes e incidentes), causa impacto en el contexto operacional de la unidad funcional.
3	Grave	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal entre 9 y 30 días, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en 6 meses, impacto en el contexto operacional.
4	Crítico	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal entre 31 y 90 días, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en 1 o 3 años, impacto en el contexto operacional.
5	Desastroso	Afecta a una o más personas causando incapacidad temporal mayor a 90 días o permanente, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en más de 3 años, impacto en el contexto operacional.
6	Catastrófico	Afecta a una o más personas causando la muerte, afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas reversibles en más de 5 años, impacto en el contexto operacional.

Anexo 3. Continuación...

Tabla de frecuencia

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

Tabla de detección

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

Elaborado por:		Sistema:			Contexto operacional:							
Fecha:		Equipo:	Monoblock									
Revisado por:												
Componente Función	Modo de falla	Causa de falla	Efectos de la falla	Detección de la falla/ síntoma	Valoración FMECA					Tarea de mantenimiento propuesta sugerida	Frecuencia propuesta de forma cualitativa	Ejecutor sugerido
					S	F	D	RPN (Críticidad)	Aceptabilidad			
Monoblock Se encargada de llenar los pomos de refresco carbonatado hasta el nivel requerido.	No llenar los pomos con el refresco carbonatado.	Se rompe la junta del tubo de llenado	Se sale el refresco del pomo	Derrame de refresco en el equipo	2	2	1	4	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Cuando ocurra la falla	Mecánico
		Se corre de lugar (baja o sube) la junta del tubo de llenado	No se llega al nivel de refresco establecido	Pomos sin la cantidad de refresco especificada (por debajo o por encima)	1	2	2	4	Aceptable	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Problemas con el tanque que contiene el refresco	No se llega al nivel de refresco establecido	Pomos sin la cantidad de refresco especificada	2	3	3	18	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico

Tanque de llenado Contiene el refresco carbonatado que se elaboró y libera la cantidad de refresco establecida.	No libera la cantidad de refresco establecida	Desajuste en la válvula o boya	No se llega al nivel de refresco establecida	Pomos sin la cantidad de refresco especificada	1	4	3	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Se poncha el diafragma	No sale el refresco carbonatado del tanque	No baja el refresco hacia los pomos	2	3	2	12	Aceptable	Mantenimiento correctivo	Cuando ocurra la falla	Mecánico
Monoblock Se encarga de que a los pomos con el refresco carbonatado se les ponga las tapas, garantizando un buen cierre	No tapar los pomos de refresco carbonatado	Problemas con el sensor	Existencia de pomos sin tapas	Parada del equipo	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		No se encuentra bien calibrado el torque de la tapadora	Pomos muy fácil o difícil de abrir	Pomos mal tapados	1	3	3	9	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Semestral	Técnico auxiliar de mantenimiento
Sensor	No contar bien las tapas que	Polvo en el interior del	Se quedan pomos sin tapas	Parada del equipo	2	3	4	24	Aceptable	Mantenimiento rutinario	Diario	Mecánico

Es el responsable de llevar la cuenta de la cantidad de tapas que se utilizan en el proceso.	se utilizan	sensor										
		No se introduce correctamente el código para la cantidad de tapas	Se quedan pomos sin tapas	Parada del equipo	2	3	3	18	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Diario	Técnico auxiliar de Mtto
		Rotura del sensor	No permite que el equipo funcione	Parada del equipo	2	3	2	12	Admisible	Sustitución programada	Cuando ocurra la falla	Mecánico
Monoblock Se encarga de enjuagar los pomos antes de llenarlos	No enjuagar bien los pomos para el llenado	El agua viene por gravedad a través de tuberías y le falta presión	Los pomos no son enjuagados bien	El agua para el enjuague no tiene la presión adecuada	2	5	1	10	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	Diario	Técnico auxiliar de mantenimiento
		No se encuentra bien calibrado el manómetro de la presión de aire	No se mide bien la presión de agua requerida	El agua para el enjuague no tiene la presión adecuada	2	2	2	8	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Semestral	Técnico auxiliar de mantenimiento

Anexo 3. Continuación...

Elaborado por:		Sistema:			Contexto operacional:							
Fecha:		Equipo:	Etiquetadora									
Revisado por:												
Componente Función	Modo de falla	Causa de falla	Efectos de la falla	Detección de la falla/ síntoma	Valoración FMECA					Tarea de mantenimiento propuesta sugerida	Frecuencia propuesta / sugerida	Ejecutor sugerido
					S	F	D	RPN (Críticidad)	Aceptabilidad			
Etiquetadora	No colocar las etiquetas en los pomos Colocarle las etiquetas a los pomos de refresco carbonatado	Mala calidad de la esponja	No se adhiere la etiqueta al pomo	Pomos sin etiquetas	1	4	2	8	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	Semanal	Mecánico
		Se rompe la banda enrolladora	No funciona el proceso	Parada del equipo		2	3	1	6	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral
		Rotura de los rodamientos	No funciona el proceso	Parada del equipo	2	4	1	8	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico
		Problemas con el sensor	Existencia de pomos sin la	Pomos sin etiquetas	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico

			etiqueta									
		Se rompe una uña	No se sacan las etiquetas del porta etiquetas	Pomos sin etiquetas	2	2	1	4	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	15 Días	Mecánico
Sensor	No contar bien las etiquetas que se utilizan	Polvo en el interior del sensor	Se quedan pomos sin etiquetas		2	3	4	24	Admisible	Mantenimiento rutinario	Diario	Mecánico
Es el responsable de llevar la cuenta de la cantidad de etiquetas que se utilizan en el proceso		Se corre del lugar establecido	Se quedan pomos sin etiquetas		2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Rotura del sensor	No funciona el equipo	Parada del equipo	2	3	2	12	Admisible	Sustitución programada	Cuando ocurra la falla	Mecánico

Anexo 3. Continuación...

Elaborado por:		Sistema:			Contexto operacional:							
Fecha:		Equipo:	Compresor de frío									
Revisado por:												
Componente Función	Modo de falla	Causa de falla	Efectos de la falla	Detección de la falla/síntoma	Valoración FMECA					Tarea de mantenimiento de propuesta sugerida /	Frecuencia propuesta / sugerida	Ejecutor sugerido
					S	F	D	RPN (Críticidad)	Aceptabilidad			
Compresor de frío Comprimir el amoníaco de baja temperatura y baja presión a alta temperatura y alta presión.	No comprimir el amoníaco.	Rotura de los anillos de compresión	No comprime el amoníaco a la temperatura y la presión adecuada	Parada del equipo y de la producción	2	3	2	12	Admisible	Tarea de sustitución	Cuando ocurra la falla	Mecánico
		Problemas con el flaper	No comprime el amoníaco a la temperatura y la presión adecuada	Parada del equipo y de la producción	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Mal calibrado el presostato	No regula de forma adecuada la presión	Se dispara el presostato	2	3	1	6	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico

		Desgaste de la junta externa	No se sella bien la salida de amoníaco	Escape de amoníaco	3	3	2	18	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Rotura del sello cigüeñal	No se retiene el amoníaco	Escape de amoníaco	3	4	2	24	Tolerable	Tarea de sustitución	Cuando ocurra la falla	Mecánico
		Desgaste de la válvula de seguridad	No se retiene el amoníaco	Escape de amoníaco	3	4	2	24	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Desgaste de la válvula de pulga	No se retiene el amoníaco	Escape de amoníaco	3	4	2	24	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Mal lubricado la válvula de engrase de aceite	Inadecuada lubricación del equipo	Escape de amoníaco	3	4	2	24	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	15 Días	Mecánico
Flaper Comprimir el amoníaco a la temperatura y presión	No comprimir el amoníaco	Se encuentra sucio	No comprime el amoníaco a la temperatura y la presión adecuada	Parada del equipo y de la producción	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico

requerida.		No está correctamente regulado	No comprime el amoníaco a la temperatura y la presión adecuada	Parada del equipo y de la producción	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico
------------	--	--------------------------------------	---	---	---	---	---	----	-----------	---	------------	----------

Anexo 3. Continuación...

Elaborado por:		Sistema:			Contexto operacional:							
Fecha:		Equipo:	Mezclador UNIMIX									
Revisado por:												
Componente Función	Modo de falla	Causa de falla	Efectos de la falla	Detección de la falla/síntoma	Valoración FMECA					Tarea de mantenimiento propuesta / sugerida	Frecuencia propuesta / sugerida	Ejecutor sugerido
					S	F	D	RPN (Críticidad)	Aceptabilidad			
Mezclador UNIMIX Mezclar de forma apropiada refrigerantes o agua con la carbonatación requerida.	No mezclar los diferentes elementos según lo establecido	Rotura de la bomba sanitaria	No impulsa el líquido hacia su destino	Parada del equipo y de la producción	2	3	1	6	Admisible	Tarea de sustitución	Cuando ocurra la falla	Mecánico
		Se poncha un diafragma	No baja el sirope para la preparación del refresco	No funciona el proceso de forma adecuada	2	2	2	8	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Semestral	Mecánico
		Problemas con el regulador de presión de CO ₂	El refresco no sale con la carbonatación adecuada	No funciona el proceso de forma adecuada	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico
		Salidero en el tanque de amoníaco	No se retiene el amoníaco	Escape de amoníaco	3	2	2	12	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico

		Se rompe la junta de goma externa	No se retiene el amoníaco	Escape de amoníaco	3	3	1	9	Tolerable	Tarea de sustitución	Cuando ocurra la falla	Mecánico
		Deterioro de la junta de goma externa	No se retiene el amoníaco	Escape de amoníaco	3	3	2	18	Tolerable	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		Problema con el nivel o control de fluido	No regula correctamente la cantidad de fluido necesario	Parada del equipo y de la producción	2	4	2	16	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico
Regulador de presión de CO ₂ Mantener la presión de CO ₂ en el rango adecuado.	No regular bien la presión de CO ₂	Rotura del regulador	No funciona el equipo de forma adecuada	Parada de la producción	2	3	2	12	Admisible	Tarea de sustitución	Cuando ocurra la falla	Mecánico
		No está bien calibrado el regulador de presión de CO ₂	El refresco no tiene el carbonatado adecuado	No funciona de forma adecuada el proceso	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico

Nivel de fluido Mantener en el equilibrio el líquido	No mantener el fluido en el nivel requerido	Se encuentra sucio el nivel	No funciona el equipo de forma adecuada	Parada del equipo y de la producción	2	4	2	16	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Mensual	Mecánico
		No está correctamente regulado	No funciona el equipo de forma adecuada	Parada del equipo y de la producción	2	3	2	12	Admisible	Mantenimiento preventivo programado	Trimestral	Mecánico
			No funciona el equipo de forma adecuada	Parada del equipo y de la producción	2	3	2	12	Admisible	Tarea de sustitución	Cuando ocurra la falla	Mecánico

Anexo 4. Guía para elaborar el diagnóstico del estado técnico de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas, la lubricación y la organización y limpieza de la industria.

Considerando que se aprecia en un importante grupo de Industrias una situación de insuficiente atención a la actividad del Mantenimiento Industrial se ha indicado por la dirección del país al recién creado MINISTERIO DE INDUSTRIAS rector de la actividad de Mantenimiento Industrial, trabajar fuerte en función de implementar los lineamientos 117 y 220 del VI Congreso del PCC, lo cual permitirá revertir esta situación en el menor plazo posible, dada la necesidad de incrementar los niveles de producción y servicios que favorezcan las exportaciones y sustitución de importaciones.

Con vistas a poder elaborar una POLITICA NACIONAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL que favorezca la eficacia y eficiencia de la actividad de Mantenimiento en la Industria Cubana se ha decidido por la dirección del MINISTERIO DE INDUSTRIAS, realizar un diagnóstico en las principales instalaciones industriales de los OACEs y los OSDEs.

Para ello se ha diseñado esta guía que tiene como objetivo que los especialistas, técnicos y obreros calificados que participen en este trabajo puedan realizar una evaluación del estado técnico de las Maquinas, Equipos e Instalaciones tecnológicas Industriales, que junto con la aplicación de la Guía de Diagnóstico de Gestión del Mantenimiento del CEIM, permitirán disponer de la información fundamental y necesaria para elaborar la POLITICA NACIONAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Procedimientos utilizados en la guía

❖ Selección de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas para ser evaluadas

La selección representativa de las Máquinas, Equipos e Instalaciones tecnológicas se realizará considerando los criterios siguientes:

- Cantidad de Equipos a seleccionar:

Anexo 4. Continuación...

<u>Equipos Instalados</u>	<u>Cantidad a Evaluar</u>
Más de 500	de 21 a 25
Más de 250 y menos de 499	de 16 a 20
Más de 100 y menos de 249	de 11 a 15
Menos de 100	10

- Las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas que conformaran la muestra, se seleccionan sobre la base tomar los que estén identificados en el proceso tecnológico como Fundamentales o de mayor importancia, haciendo énfasis en aquellos que son únicos en la fábrica, los que al paralizarse provocan afectaciones productivas de alto impacto.
- La evaluación se realizará por los especialistas, técnicos u obreros calificados de mayor experiencia, oficio y conocimientos, basarán sus resultados en la apreciación y valoración que realicen en cada caso, expresándolo de forma cuantitativa en el modelo de trabajo donde no se podrán dar calificaciones superiores a la base tomada (B.T).

Por cada Máquina, Equipo o Instalación tecnológica seleccionada se dará una puntuación en correspondencia con la valoración que se haga de su estado técnico, considerando los criterios siguientes:

Evaluación del estado técnico de los principales equipos

Porcentaje	Evaluación
0 – 40	Mal
41 – 80	Regular
81 – 100	Bien

Anexo 4. Continuación...

❖ Estructura de la puntuación

La estructura de la puntuación será la misma para cualquier Empresa, UEB o Entidad que se diagnostique, independientemente de la magnitud y variedad del equipamiento.

EMBER VC	Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara	D	M	A	
	UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarras Martínez”	18	03	15	
Resumen de la evaluación del estado Técnico					Evaluación
No	Grupos	B.T.	P.O.	%	
M 1	Estado técnico mecánico	25	22.9	91.6	
M 2	Estado técnico eléctrico	25	24.8	99.2	
M 3	Estado técnico de las instalaciones civiles y condiciones socio ambientales	20	12	60	
M 4	Lubricación	20	18	90	
M 5	Organización y limpieza	10	10	100	
TOTAL		100	87.7	87.7	
OBSERVACIONES:					
El resumen del estado técnico correspondiente a las instalaciones industriales puede categorizarse como Bien					

BT = Base tomada o puntuación máxima a obtener

PO= Puntos Obtenidos de acuerdo a la Evaluación que realiza el especialista, técnico u obrero calificado.

Anexo 4. Continuación...

❖ **ESTADO TECNICO MECÁNICO**

Objetivo: Hacer un diagnóstico de las condiciones técnicas en que se encuentran las partes y sistemas mecánicos de cada Máquina, equipo e instalaciones tecnológicas Industriales seleccionadas.

EMBER VC		Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara	D	M	A	M 1	
		UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarras Martínez”	18	03	15		
ESTADO TÉCNICO MECÁNICO					Evaluación		
No	Máquinas y Equipos seleccionadas					B. T.	P. O
1	Enjuagadora, llenado, roscadora (Monoblock CETRES)					25	25
2	Tolva de suministro de tapas					25	25
3	Sistema de estera					25	25
4	Etiquetadora					25	20
5	Retractiladora					25	22
6	Mezclador UNIMIX					25	25
7	Equipo de frío de la bala CO ₂					25	25
8	Sopladora HL-5000					25	22
9	Compresor de frío o de amoníaco					25	15
10	Ósmosis Inversa					25	25
Totales						250	229
Valor promedio de las evaluaciones						25	22.9

Anexo 4. Continuación...

❖ ESTADO TÉCNICO ELÉCTRICO

Objetivo: Evaluar el estado técnico de los diferentes elementos que conforman el sistema eléctrico de fuerza de una industria (pizarras de fuerza y control, alumbrado, redes y otros sistemas eléctricos) así como los sistemas eléctricos y electrónicos de máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas seleccionados.

EMBER VC	Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara	D	M	A	M 2
	UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarras Martínez”	18	03	15	
ESTADO TÉCNICO ELÉCTRICO					Evaluación
No	Máquinas y Equipos seleccionadas	B. T.		P. O	
1	Enjuagadora, llenado, roscadora (Monoblock CETRES)	25		25	
2	Tolva de suministro de tapas	25		25	
3	Sistema de estera	25		25	
4	Etiquetadora	25		25	
5	Retractiladora	25		25	
6	Mezclador UNIMIX	25		25	
7	Equipo de frío de la bala CO ₂	25		25	
8	Sopladora HL-5000	25		25	
9	Compresor de frío o de amoníaco	25		22	
10	Ósmosis Inversa	25		25	
Totales		425		422	
Valor Promedio de las evaluaciones		25		24.8	

Anexo 4. Continuación...

❖ ESTADO TÉCNICO DE LAS INSTALACIONES CIVILES Y CONDICIONES SOCIOAMBIENTALES.

Objetivo: Hacer un diagnóstico del estado técnico de las instalaciones civiles y de los medios y equipos concebidos para brindar condiciones que favorezcan la vida laboral de los trabajadores (condiciones socio ambientales).

EMBER VC	Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara	D	M	A	M 3
	UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarras Martínez”	18	03	15	
ESTADO TECNICO DE LAS INSTALACIONES CIVILES Y CONDICIONES SOCIOAMBIENTALES					Evaluación
No	Evaluación de los Aspectos siguientes.	B.T.		P.O.	
1	Existe plan de mantenimiento y reparación de edificios y pintura general y se cumple	2		2	
2	Estado técnico de los Techos	2		1	
3	Estado técnico de las paredes, estructuras de las naves (metálicas, hormigón, etc.)	2		1	
4	Estado técnico de Puertas y ventanas	2		1	
5	Estado técnicos de los Baños y taquillas	2		1	
6	Estado técnico y condiciones de la Cocina, comedor, cafetería	2		1	
7	Estado de la Pintura de los edificios, estructuras metálica, tuberías, etc.	2		1	
8	Estado técnico de las Calles, aceras, cercas y portadas	2		2	
9	Estado técnico de los Pisos, drenajes, alcantarillas y áreas verdes	2		0	
10	Estado técnico de Bebederos, cajas de agua, frízer y cámaras de frío	2		2	
TOTAL		20		12	

Anexo 4. Continuación...

❖ LUBRICACIÓN

Objetivo: Hacer un diagnóstico de la situación que existe en la aplicación de los procedimientos establecidos para la actividad de Lubricación así como de las condiciones técnicas existentes para su funcionamiento.

EMBER VC	Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara	D	M	A	M 4
	UEB Embotelladora Central “Osvaldo Socarras Martínez”	18	03	15	
LUBRICACION					
No	Evaluación de los aspectos siguientes:			B.T.	P.O.
1	Existe el estudio de lubricación actualizado			4	4
2	Se controla la ejecución de la lubricación mediante tarjetas.			4	3
3	Se tienen los lubricantes recomendados por el estudio de Lubricación			4	4
4	El local de lubricantes del taller posee las condiciones mínimas requeridas.			3	3
5	Existen los medios o utensilios mínimos para lubricar con calidad.			3	2
6	El almacén de lubricantes reúne las condiciones mínimas de seguridad			2	2
TOTAL				20	18

❖ ORGANIZACIÓN Y LIMPIEZA

Objetivo: Evaluar la organización y limpieza que existen en las áreas y equipos.

EMBER VC	Empresa de Bebidas y Refrescos Villa Clara	D	M	A	M 5	
	Planta de producción del CBQ	18	03	15		
ORGANIZACIÓN Y LIMPIEZA						
No	Evaluación de los Aspectos siguientes				B. T	P. O
1	Como es la organización y limpieza de las Máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas				5	5
2	Organización y limpieza de la fábrica				5	5
TOTAL					10	10

Anexo 5. Análisis a través del Criterio de los Expertos

Tabla del criterio de los expertos para cada equipo analizado

Expertos/Equipos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	8	6	1	7	4	10	9	3	5
2	1	5	7	3	10	2	9	8	4	6
3	4	6	5	3	9	1	8	10	2	7
4	2	7	6	1	8	3	9	10	4	5
5	3	5	7	2	10	4	9	8	1	6
6	1	6	5	4	9	3	8	10	2	7
7	3	8	6	1	9	4	7	10	2	5
8	2	7	6	1	8	4	9	11	3	5

Planteamiento de Hipótesis

H0: No hay concordancia entre los expertos

H1: Hay concordancia entre los expertos

Anexo 5. Continuación...

Resultados dados por es SPSS:

Prueba W de Kendall

Rangos

	Rango promedio
VAR00001	2.25
VAR00002	6.50
VAR00003	6.00
VAR00004	2.00
VAR00005	8.75
VAR00006	3.13
VAR00007	8.63
VAR00008	9.38
VAR00009	2.63
VAR00010	5.75

Estadísticos de contraste

N	8
W de Kendall(a)	.889
Chi-cuadrado	64.036
gl	9
Sig. asintót.	.000
Sig. Monte Sig.	.000(b)
Carlo Intervalo de confianza Límite inferior	.000
de 95% Límite superior	.000

a Coeficiente de concordancia de Kendall

b Basado en 10000 tablas muestrales con semilla de inicio 2000000.

Región Crítica

$$p \leq \alpha$$

$$0.000 \leq 0.05$$

Decisión: Se cumple la región crítica, por lo tanto, rechazo la hipótesis nula, es decir, existe concordancia entre los expertos, y los equipos más criticos son el Monoblock CETRES, la Etiquetadora, el Mezclador UNIMIX y el Compresor de frío o de amoníaco, pues tienen menor rango.

Anexo 6. Análisis de las consecuencias por modo de fallas.

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

- Consecuencias para la seguridad física (C. SF)
- Consecuencias para el medio ambiente (C. MA)
- Consecuencias operacionales (C. O)
- Consecuencias no operacionales (C. NO)
- Consecuencias en la pérdida de imagen de la empresa (C. I)

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

La valoración de las consecuencias en la seguridad física de las causas de los distintos modos de fallos está relacionada con la salud del personal tanto externo como interno, debido si se presentan lesiones o pérdidas humanas.

Tabla de escala de valoración para consecuencias en la seguridad física

Escala	Definición	Valor
No afecta	No hay tipo de lesión ni muerte	0
Insignificante	Afecta máximo a una persona dejando lesiones insignificantes, que no producen incapacidad ni la muerte.	1
Secundario	Afecta como máximo a tres personas dejando lesiones insignificantes, que pueden generar incapacidad parcial, pero no la muerte.	2
Grave	Afecta hasta siete personas pudiendo dejar lesiones insignificantes o graves que pueden generar incapacidad parcial o de por vida, pero no la muerte.	3
Muy grave	Afecta más de siete personas pudiendo dejar lesiones muy graves que pueden generar incapacidad temporal de por vida o la muerte.	4

Anexo 6. Continuación...

La valoración de las consecuencias para el medio ambiente está relacionada con el análisis si las causas de los distintos modos de fallos pueden incurrir en una infracción a una regulación ambiental.

Tabla de escala de valoración para consecuencias al medio ambiente

Escala	Definición	Valor
No afecta	No afecta al medio ambiente	0
Insignificante	Causa impacto ambiental no significativo, no genera sanciones	1
Secundario	Causa impacto ambiental, requiere control de la empresa, no genera sanciones económicas	2
Grave	Causa impacto ambiental, requiere control tanto de la empresa como agentes externos, genera sanciones económicas	3
Muy grave	Causa impacto ambiental significativo, con grandes sanciones económicas por incumplimiento legal	4

Para valorar las consecuencias operacionales se tiene en cuenta si la pérdida de la función por un modo de falla puede afectar la producción.

Anexo 6. Continuación...

Tabla de escala de valoración para consecuencias operacionales

Escala	Definición	Valor
No afecta	No tiene incidencia sobre la producción	0
Insignificante	Tiene poca incidencia sobre los sistemas rotación, propulsión y accesorios, pero sin afectar las condiciones de operación de los equipos asociados	1
Secundario	Tiene más incidencia sobre el funcionamiento de la maquinaria, afectando condiciones operacionales de los sistemas de los equipos	2
Grave	Afecta las condiciones operacionales de los sistemas de los equipos	3
Muy grave	Genera daños en los sistemas más importantes que están directamente relacionados con el funcionamiento de los equipos	4

Las consecuencias no operacionales están relacionadas con el costo de reparación, consecución de repuestos y gastos de mano de obra originados por el modo de falla.

Tabla de escala de valoración para consecuencias no operacionales

Escala	Definición	Valor
No afecta	No se requiere de repuestos ni mano de obra fuera de la empresa	0
Insignificante	Los repuestos son de bajo costo, fáciles de adquirir y se generan bajos costos en mano de obra	1
Secundario	Los repuestos son de mediano costo, difíciles de conseguir y el costo en la mano de obra es significativo	2
Grave	Los repuestos son de alto costo, se demoran en conseguir y la mano de obra es muy costosa	3
Muy grave	Los repuestos son de muy alto costo, se demoran en conseguir más de 3 meses y el costo de mano de obra es altísimo	4

Anexo 6. Continuación...

Las consecuencias en la imagen de la empresa están relacionadas por la pérdida de de imagen de la empresa por empleados, proveedores, clientes y la comunidad.

Tabla de escala de valoración para consecuencias en la imagen de la empresa

Escala	Definición	Valor
No afecta	Perjudica la imagen de la empresa	0
Insignificante	Se conoce a nivel interno de la empresa	1
Secundario	Se conoce a nivel local, la empresa puede perder prestigio ante el cliente	2
Grave	Se conoce a nivel nacional afecta prestigio de la empresa	3
Muy grave	Se conoce a nivel internacional y afecta el prestigio de la empresa a nivel internacional	4

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

Tabla con el peso de cada consecuencia

Consecuencia	Peso
Consecuencia para la seguridad física	0.3
Consecuencia para el medio ambiente	0.25
Consecuencias operacionales	0.1
Consecuencias no operacionales	0.1
Consecuencia por pérdida de la imagen	0.25

Anexo 6. Continuación...

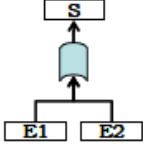
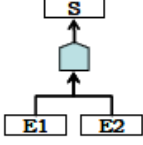
Equipo o Componente	Modo de falla	Consecuencias	Valor	Peso	Total	Resultado
Monoblock (Llenado)	No llenar los pomos con el refresco carbonatado.	C. MA	0	0.25	0	0.85
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	4	0.1	0.4	
		C.NO	2	0.1	0.2	
		C.I	1	0.25	0.25	
Tanque de llenado	No libera la cantidad de refresco establecida	C. MA	0	0.25	0	0.75
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	3	0.1	0.3	
		C.NO	2	0.1	0.2	
		C.I	1	0.25	0.25	
Monoblock (Tapado)	No tapar los pomos de refresco carbonatado	C. MA	0	0.25	0	0.65
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	3	0.1	0.3	
		C.NO	1	0.1	0.1	
		C.I	1	0.25	0.25	
Sensor	No contar bien las tapas que se utilizan	C. MA	0	0.25	0	0.65
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	3	0.1	0.3	
		C.NO	1	0.1	0.1	
		C.I	1	0.25	0.25	
Monoblock	No enjuagar bien los	C. MA	0	0.25	0	0.65

(Enjuague)	pomos para el llenado	C. SF	0	0.3	0	
		C.O	3	0.1	0.3	
		C.NO	1	0.1	0.1	
		C.I	1	0.25	0.25	
Etiquetadora	No colocar las etiquetas en los pomos	C. MA	0	0.25	0	0.75
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	2	0.1	0.2	
		C.NO	3	0.1	0.3	
		C.I	1	0.25	0.25	
Sensor	No contar bien las etiquetas que se utilizan	C. MA	0	0.25	0	0.55
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	2	0.1	0.2	
		C.NO	1	0.1	0.1	
		C.I	1	0.25	0.25	
Compresor de frío	No comprimir el amoníaco	C. MA	2	0.25	0.5	2.35
		C. SF	3	0.3	0.9	
		C.O	4	0.1	0.4	
		C.NO	3	0.1	0.3	
		C.I	1	0.25	0.25	
Flaper	No comprimir el amoníaco	C. MA	2	0.25	0.5	2.35
		C. SF	3	0.3	0.9	
		C.O	4	0.1	0.4	
		C.NO	3	0.1	0.3	

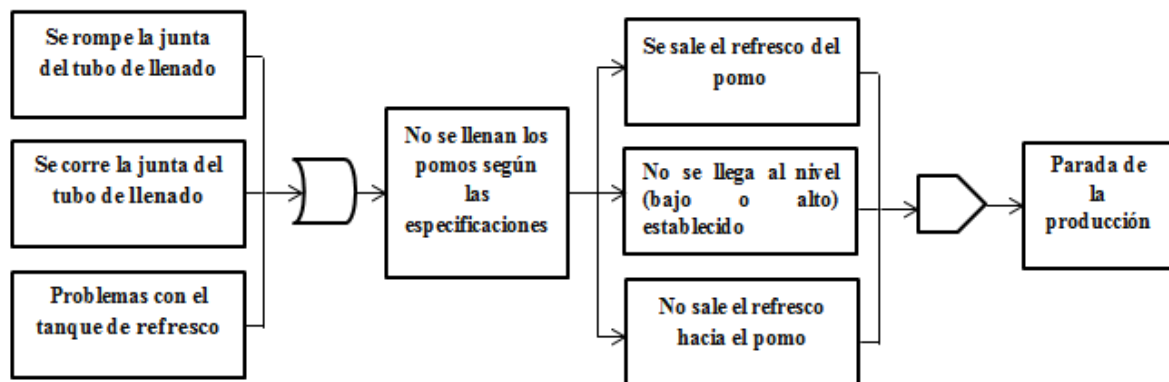
		C.I	1	0.25	0.25	
Mezclador UNIMIX	No mezclar los diferentes elementos según lo establecido	C. MA	1	0.25	0.25	1.7
		C. SF	2	0.3	0.6	
		C.O	4	0.1	0.4	
		C.NO	2	0.1	0.2	
		C.I	1	0.25	0.25	
Regulador de presión de CO ₂	No regular bien la presión de CO ₂	C. MA	0	0.25	0	0.65
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	3	0.1	0.3	
		C.NO	1	0.1	0.1	
		C.I	1	0.25	0.25	
Nivel de fluido	No mantener el fluido en el nivel requerido	C. MA	0	0.25	0	0.65
		C. SF	0	0.3	0	
		C.O	3	0.1	0.3	
		C.NO	1	0.1	0.1	
		C.I	1	0.25	0.25	

Anexo 7. Árbol de fallas, escenario y árbol de consecuencias de fallas de cada equipo seleccionado como crítico.

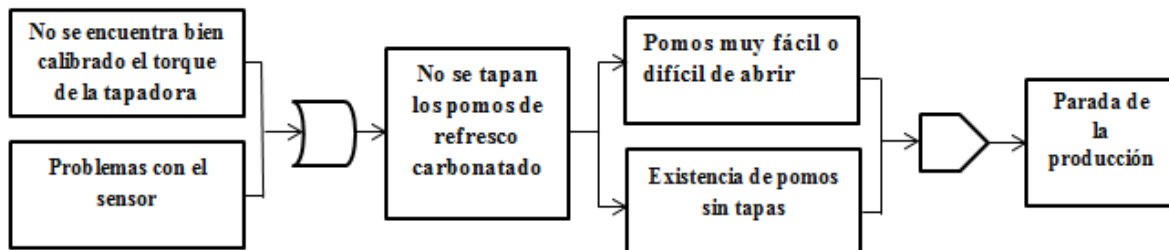
Símbolos utilizados en los Árboles de fallos

		Puerta "O" El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurre al menos uno de los sucesos de entrada (E1, E2)
		Puerta "Y" El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1, E2).

Equipo: Monoblock (Llenado)

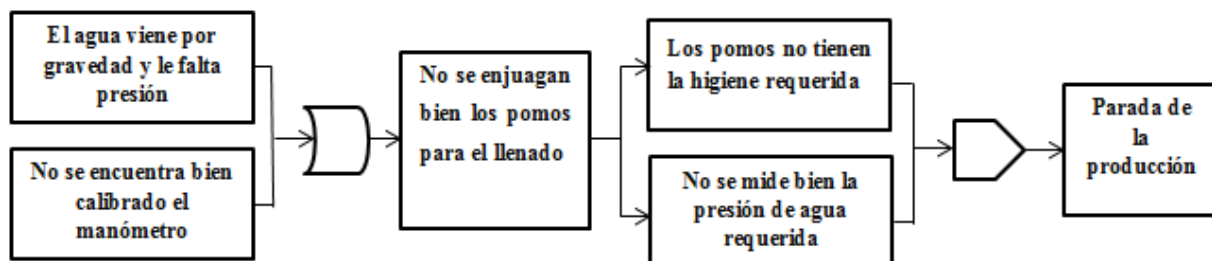


Equipo: Monoblock (Tapado)

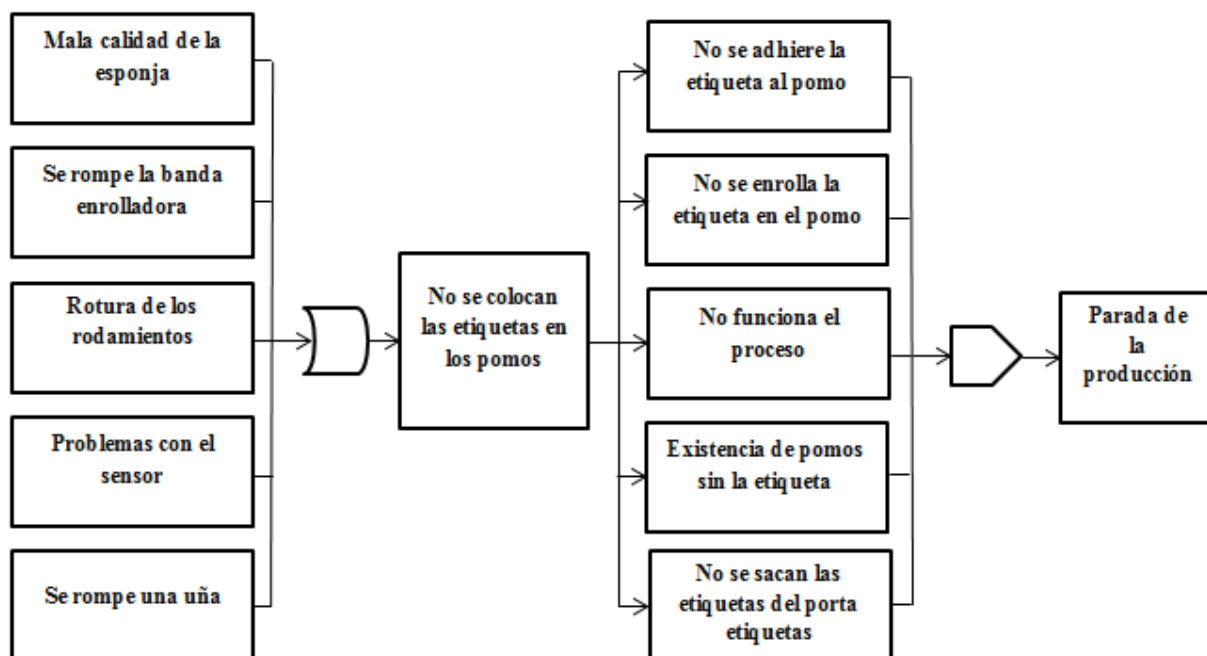


Anexo 7. Continuación...

Equipo: Monoblock (Enjuague)

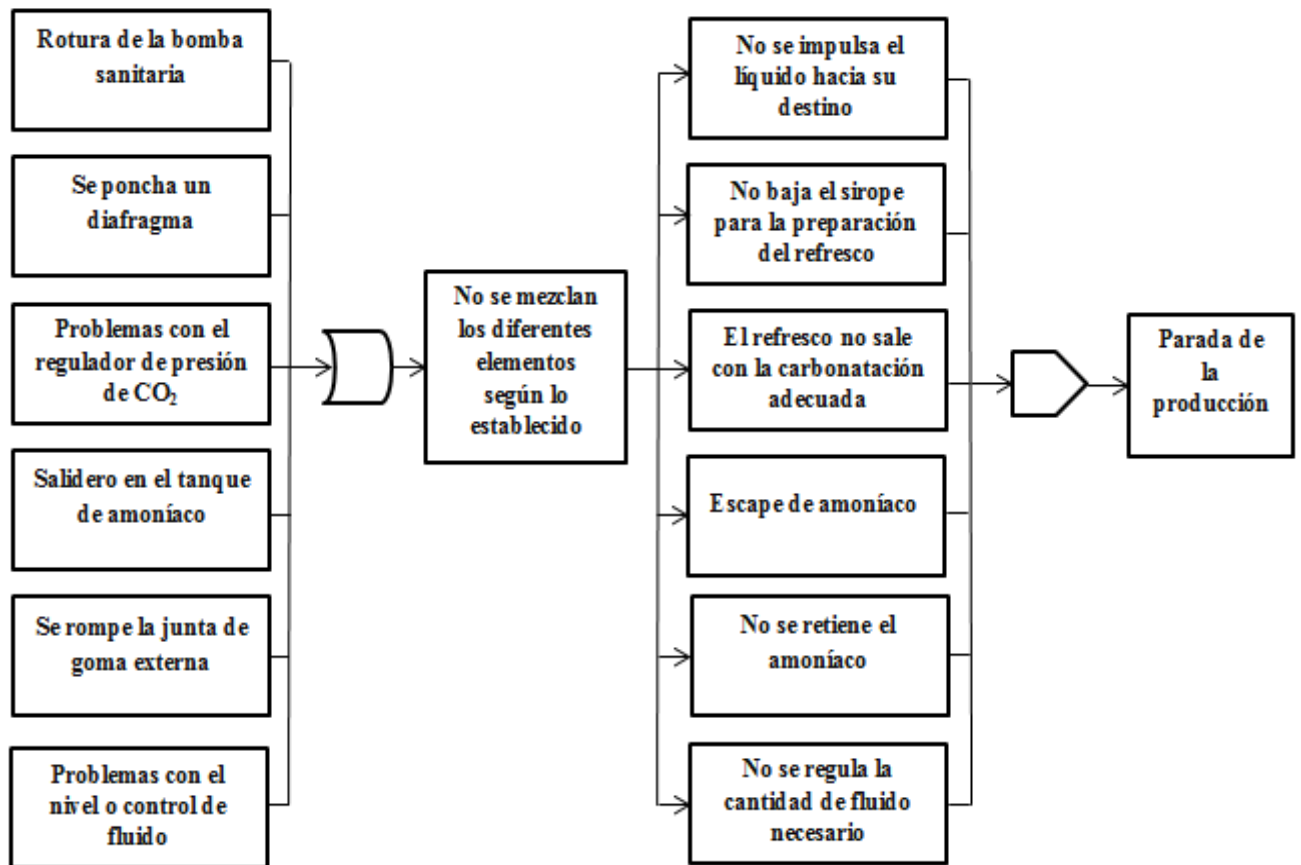


Equipo: Etiquetadora



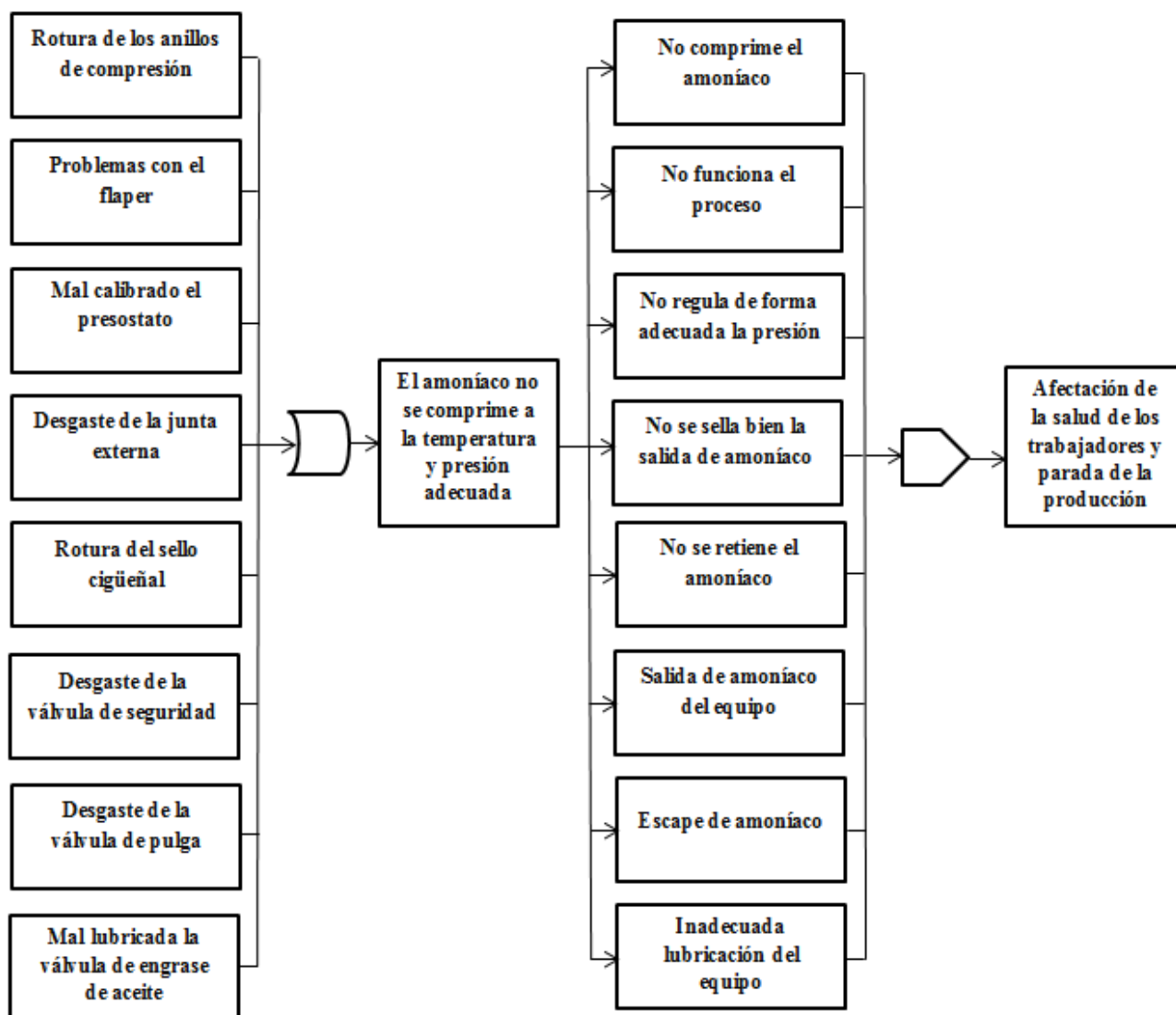
Anexo 7. Continuación...

Equipo: Mezclador UNIMIX



Anexo 7. Continuación...

Equipo: Compresor de frío o de amoníaco



Anexo 8. Matriz de riesgo

		Consecuencias					
		A	B	C	D	E	F
Probabilidad	Muy alta	S	S	H	H	H	H
	Alta	M	S	S	H	H	H
	Moderada	M	M	S	S	H	H
	Baja	L	M	M	S	S	H
	Muy baja	L	L	M	M	S	S

Figura 2.3 Matriz de riesgo. **Fuente:** González-Quijano, (2004).

Zonas de la matriz

- **La zona H:** Corresponde a los fallos que tienen consecuencias inaceptables e inadmisibles, bien por la severidad de las mismas o bien por la probabilidad que tengan de ocurrir.
- **La zona S:** Corresponde a fallos con un riesgo no deseable y solamente tolerable si no se puede realizar ninguna acción para reducir el riesgo o si el costo de hacerlo es muy desproporcionado en relación a la reducción que se conseguiría.
- **La zona M:** Corresponde a los fallos con riesgo admisible. El óptimo sería que todos los fallos tuviesen sus consecuencias dentro de esta zona.
- **La zona L:** Corresponde a fallos con riesgo aceptable.

Se puede apreciar en la matriz de riesgos que la situación óptima sería que todos los sucesos se situaran en la zona M o L.

Los niveles de las consecuencias de fallo se tabulan según la siguiente tabla:

Anexo 8. Continuación...

Tabla de niveles de las consecuencias de fallo

Consecuencias				
Nivel	Seguridad	Salud	Medio Ambiente	Consumo de Energía Eléctrica
A	Sin efectos/ ningún herido	Sin efectos	Sin efectos	Muy Bajo
B	Heridos leves/ Tratamiento médico	Problemas de salud temporales	Ligero daño dentro de una zona controlada	Bajo
C	Lesiones leves con hospitalización	Problemas de salud permanentes	Ligero daño, con una infracción o denuncia	Moderado
D	Lesiones importantes con daños irreversibles	Mucha probabilidad de problemas de salud permanentes	Efectos significativos con repetidas infracciones y muchas denuncias	Alto
E	Discapacidad total permanente / De 1 a 3 víctimas mortales	Mucha probabilidad de problemas de salud permanentes con alguna víctima mortal	Efectos importantes con infracciones prolongadas y daños generalizados	Muy Alto
F	Múltiples víctimas mortales	Mucha probabilidad de problemas de salud permanentes con múltiples víctimas mortales	Efectos masivos con daños severos persistentes	

Anexo 8. Continuación...

Los niveles de las probabilidades de fallo se tabulan según la tabla siguiente, donde MTBF constituye el tiempo medio entre fallas:

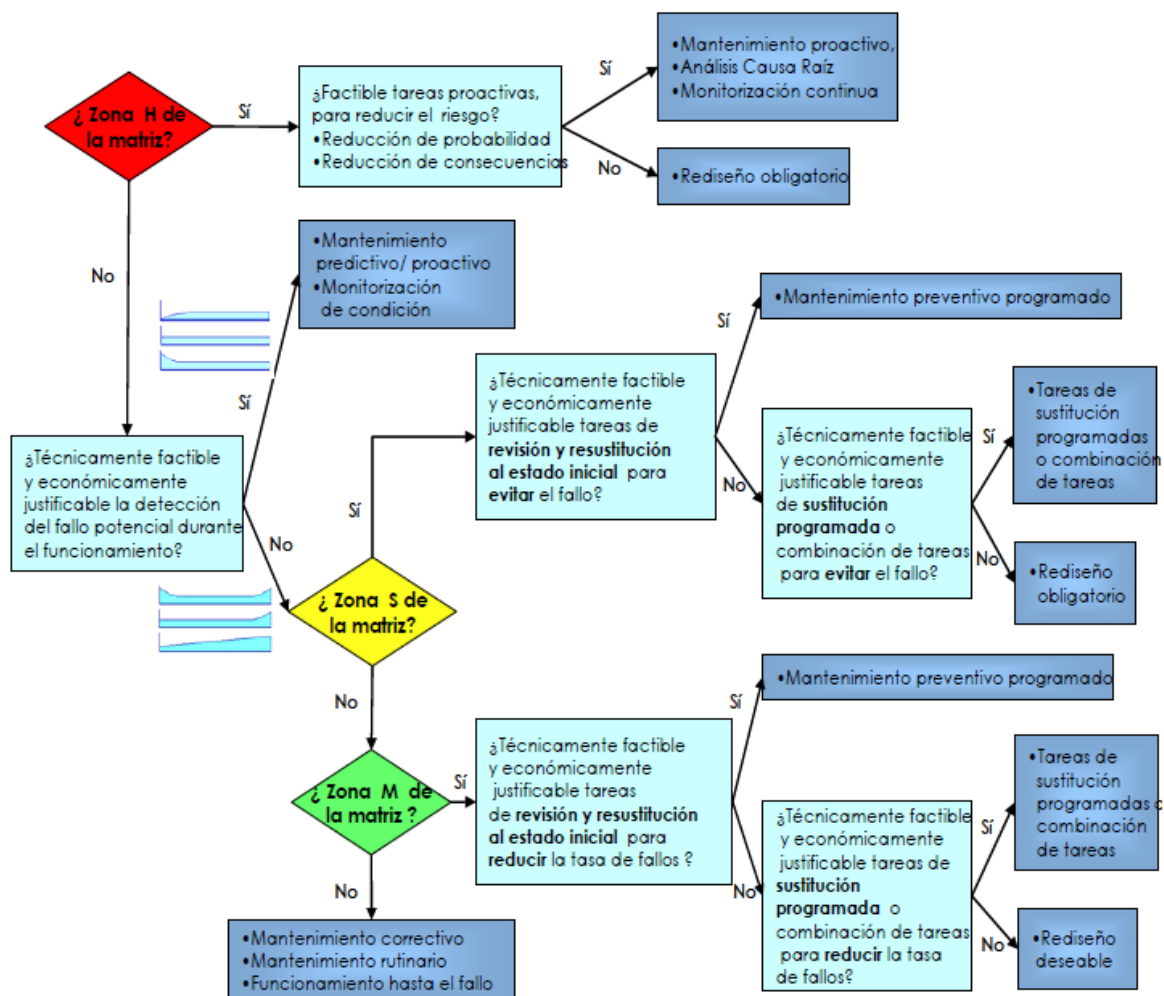
Tabla de niveles de probabilidades de falla

Nivel	Definición	MTBF (años)
Muy alta	Ocorre varias veces al año en esta planta	MTBF <1 año
Alta	Ocorre al menos una vez cada tres años en esta planta	$1 \leq \text{MTBF} \leq 3$
Moderada	Ha ocurrido alguna vez en esta planta	$3 < \text{MTBF} \leq 10$
Baja	No ha ocurrido nunca en esta planta, pero es probable que ocurra según la experiencia en esta industria	$10 < \text{MTBF} \leq 28$
Muy baja	No ha ocurrido nunca en esta planta, y es improbable que ocurra según la experiencia en esta industria	MTBF > 28

Anexo 9. Niveles de aceptabilidad según el valor obtenido durante el análisis de riesgo.

Ranking	Descripción
1	Aceptable
2	Admisible
3	Tolerable
4	Inaceptable
5	Inadmisible

Anexo 10. Diagrama de decisión del mantenimiento



Fuente: González-Quijano, J., 2004