

Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

Trabajo de Diploma

Título: Selección del tipo de mantenimiento a aplicar en los equipos de la UEB de maquinado en la “Refinería Sergio Soto de Cabaiguán, SS”

Autora: Lisbet Urquiola Alvarez

Tutores: MSc. Ing. José Ulivis Espinosa Martínez.

Curso 2016-2017



Pensamiento.

“O nosotros somos capaces de destruir con argumentos las ideas contrarias, o debemos dejar que se expresen. No es posible destruir ideas por la fuerza, porque esto bloquea cualquier desarrollo libre de la inteligencia.



Dedicatoria

A mis padres:

Porque son el tesoro más grande que tengo en la vida. Por todo el sacrificio y esfuerzo que derrocharon para ver a su hija convertida en una profesional. Por su infinito amor y dedicación.

Los adoro.....

A todas aquellas personas que me han ofrecido críticas, estabilidad, seguridad y amor.

Agradecimientos

A todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido a la realización de este sueño, llegue el más sincero y cordial agradecimiento. En especial:

- ❖ *A mi madre: por ser la mejor madre del mundo, apoyarme y ser mi guía.*
- ❖ *A mi padre: por su apoyo incondicional y por complacerme en todo.*
- ❖ *A mi hermano: por ser el mejor hermano del mundo y apoyarme en todo.*
- ❖ *A mis abuelos: por estar siempre preocupados y quererme tanto.*
- ❖ *A mi esposo: por ser quien guió mis últimos pasos para nunca perder el camino correcto.*
- ❖ *A mis compañeros de aula: que durante estos cinco años compartimos experiencias inolvidables, en especial a Odelaine.*
- ❖ *A mi tutor Ulivis: por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo, que sin él no hubiera sido posible.*
- ❖ *A todos los profesores: que de una forma u otra han impregnado en mí sus enseñanzas.*
- ❖ *A dios: por ser de mí quien soy.*
- ❖ *A la Universidad: por formarme como profesional y prepararme para la vida.*

A todos..... muchas gracias de corazón.

Resumen.

El presente Trabajo Diploma muestra un estudio realizado sobre la selección del tipo de mantenimiento a efectuar en la “Refinería Sergio Soto”, perteneciente al municipio de Cabaiguán, en la misma se efectúa un análisis de los resultados de diferentes técnicas ingenieriles que permiten conocer el estado actual del equipamiento de la unidad, propone además la aplicación del método de Espinoza Martínez, 2010 en el cuál, se tienen en cuenta diferentes indicadores que constituyen las variables esenciales del procedimiento como son: seguridad, calidad, utilidad, afectaciones, consumo de energía eléctrica, frecuencia y tiempo de reparación, que permitirán determinar la mejor alternativa de mantenimiento para los equipos productivos más significativos de la unidad, logrando de este modo la máxima disponibilidad de su equipamiento en función del contexto operacional en que se desempeñen.

La tesis posee además una revisión bibliográfica conformada con los temas más actuales de mantenimiento, así como las diversas metodologías relacionadas con el análisis de la criticidad del equipamiento y la selección del sistema de mantenimiento más apropiado que se ha de aplicar a los sistemas de producción de una organización, siendo lo anterior un elemento de vital importancia en el comportamiento de los indicadores de la entidad, que permiten garantizar el incremento de la calidad y la eficiencia de las producciones.

Summary

The present Diploma Work evidences a study accomplished on the selection of the type of maintenance to make in the Refinery Sergio Soto, belonging to the municipality of Cabaiguan, in the same one takes effect an income analysis of different techniques engineering's that they allow knowing the present condition of the equipment of the unit, proposes besides the application of the method of Espinoza Martinez, 2010 in he which one, they have in account different indicators that constitute the essential variables of the procedure themselves as they are: Certainty, quality, benefit, affectation of manners, I consume of electric power, frequency and downtime, that they will allow determining the best alternative of maintenance for the productive teams more significant of the unit, achieving the maximum availability of its equipment in terms of the operational context in which they perform in this way.

The thesis has besides a bibliographic revision conformed with the most present-day themes of maintenance, as well as the various methodologies related with the analysis of the critical nature of the equipment and the selection of the system of best-suited maintenance that has to apply itself to the systems of production of an organization, being what's previous a vitally important element in the behavior of the indicators of the entity, that they allow guaranteeing the increment of quality and the efficiency of productions.

Indice

Introducción	1
Capitulo 1. Marco teórico referencial	4
1.1. Mantenimiento, generalidades y definición	5
1.1.1. Historia del mantenimiento.....	5
1.1.2. Conceptos de mantenimiento.....	8
1.1.3. Objetivos del mantenimiento	9
1.1.4. Funciones del mantenimiento.....	11
1.3. Tipos y modelos de mantenimientos	11
1.3.1. Tipos de Mantenimiento	11
1.3.2. Modelos de Mantenimiento	13
1.4. Sistemas de mantenimiento.....	15
1.5. Metodologías para la selección del tipo de mantenimiento	20
1.7. Mantenimiento en el ministerio de energía y minas.....	31
Conclusiones parciales.....	31
Capítulo 2. Evaluación de la política de mantenimiento y selección del procedimiento a aplicar en la Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán.	32
2.1. Caracterización de la Empresa	32
2.2. Caracterización del departamento de mantenimiento	34
2.3. Selección de alternativa de mantenimiento para cada equipo	34
2.4. Conclusiones parciales.....	49
Conclusiones generales.	50
Recomendaciones.....	51
Bibliografía.....	52
Anexos	

Introducción

El proceso de la globalización económica impone nuevos retos a las empresas, exigiendo en ellas cambios radicales en la estructura y la estrategia, en la forma de hacer las cosas con el fin de presentar al mercado además de un producto de excelente calidad, un servicio eficiente y sin reparos que logre satisfacer totalmente las expectativas y exigencias impuestas por los nuevos clientes y esto depende en gran medida del mantenimiento de los equipos productivos.

Con la aplicación de la actividad de mantenimiento se logra estabilizar los activos fijos donde se reducen los tiempos de interrupción por rotura. La actividad de mantenimiento independientemente de la empresa que se desarrolle, debe lograr reducción de las averías imprevistas y del tiempo de reparación, procurar la prolongación de la vida útil de los componentes con el correspondiente ahorro de recursos y energía, reduciendo así el costo de mantenimiento de las instalaciones, dando como resultado la mejora continua de la calidad, el rendimiento de los productos y la eficiencia de los servicios.

A raíz del impacto 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, 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”.

También han constituido nuevas exigencias la disminución de los costos, se demanda una mayor toma de conciencia y una interiorización de que el personal que trabaja en el departamento de mantenimiento deba estar al día en los conocimientos que involucren las nuevas tecnologías, y por consiguiente los métodos y técnicas que estén asociados al empleo de innovadores equipamientos. Cada personal debe estar consciente de los indicadores que muestran sus fortalezas y debilidades, para reconocer desde este punto de vista a aquellas donde se requiera una mayor inversión de tiempo y dinero.

Continuamente los esfuerzos que se realizan, se enmarcan en aumentar la disponibilidad de los equipos y reducir la tasa de fallos imprevistos, convirtiéndose de este modo en un desafío el éxito de cualquier empresa cubana puesto que el mercado cada vez es más estricto, y se hace necesario combinar las actividades claves con las de apoyo del negocio, para aportar mayor valor al mismo, mediante las prácticas y filosofías de mantenimiento, empleo de herramientas de confiabilidad, costo y riesgo; es la organización y el talento la base que asegura este objetivo según: (Batista Rodríguez, 2000a); (Hurtado de Mendoza, 2001); (González Danger, 2002) y (Christensen, 2006).

La Refinería Sergio Soto, objeto de estudio práctico de la presente investigación, se encuentra ubicada en la provincia de Sancti Spíritus, perteneciente al municipio de Cabaiguán; en la misma se realiza la refinación del petróleo, mediante un proceso adecuado, donde se obtienen diversos combustibles fósiles capaces de ser utilizados en motores de combustión: gas oíl, nafta. Además, como parte del proceso, se obtienen diversos productos tales como aceites minerales y asfaltos.

En la UEB de maquinado en la “Refinería Sergio Soto de Cabaiguán, SS” está fijado un sistema de mantenimiento preventivo planificado, basado en un manual que es establecido por el organismo al que pertenece, pero el que se emplea mayormente es el correctivo desde hace varios años con el fin de corregir los defectos y fallas que se presenten en los equipos, sin embargo, este sistema no cumple con las expectativas previstas, pues aún existen daños por: fallos en los equipos, salideros en las juntas, etc. Esto trae consigo, pérdidas considerables tanto en materia prima, materiales y un aumento del 5 % del costo del mantenimiento planificado, así como la falta excesiva de tiempo entre reparaciones por estos conceptos, 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, debiéndose crear las bases bajo la condición de las mismas para el perfeccionamiento de la política de mantenimiento a aquellos equipos en el proceso de producción. Todo lo mencionado anteriormente constituye la **situación problemática** de la investigación.

El problema de la investigación

La necesidad de un procedimiento adecuado que permita evaluar y determinar el tipo de mantenimiento a aplicar que garantice el buen funcionamiento de los equipos en la “Refinería Sergio Soto de Cabaiguán, SS”.

Objetivo general

Aplicar un procedimiento que permita la selección del tipo de mantenimiento más adecuado que garantice el buen funcionamiento de los equipos, cumpliendo las buenas prácticas operativas.

Objetivos específicos

1. Determinar el procedimiento adecuado para el tipo de mantenimiento a los equipos en la UEB de maquinado en la “Refinería Sergio Soto de Cabaiguán, SS”.
2. Implementar experimentalmente el procedimiento seleccionado en la UEB de maquinado en la “Refinería Sergio Soto de Cabaiguán, SS” y realizar propuestas de mantenimiento.

El presente Trabajo de Diploma está compuesto por dos Capítulos. El Capítulo 1 recoge todo lo referenciado en la bibliografía consultada, aportando definiciones y términos más utilizados respecto al mantenimiento y en especial al mantenimiento preventivo planificado. En el Capítulo 2 se muestra el análisis del mantenimiento en la “Refinería Sergio Soto” de Cabaiguán, en Sancti Spíritus, así como la propuesta del tipo de mantenimiento a diferentes equipos. Finalmente se exponen las conclusiones, recomendaciones propuestas, la bibliografía consultada y los anexos necesarios.

Capítulo 1. Marco teórico referencial

Introducción

El marco teórico referencial de la presente investigación ha sido realizado siguiendo el hilo conductor que se muestra en la figura 1.1, donde se refleja la estrategia para la revisión de las diferentes fuentes consultadas que comprenden el análisis de la literatura especializada y otra fuentes de información disponibles, de forma tal que pudiera esclarecer el análisis del “estado del arte y de la práctica” sobre la gestión del mantenimiento. Inicialmente se hará referencia a la gestión de mantenimiento y se abordarán sus principales conceptos, así como algunos tipos y sistemas de mantenimiento y su papel en la empresa, lo que permite sentar las bases teórico-prácticas del proceso de investigación y con ello, contribuir con su valor práctico en la temática objeto de estudio. La mayor pretensión del desarrollo del marco teórico referencial de la presente investigación será arribar a una conceptualización de las principales definiciones, elementos y tendencias en el campo objeto de estudio, con el fin de aplicar estos conceptos de forma creativa y eficiente en la investigación.

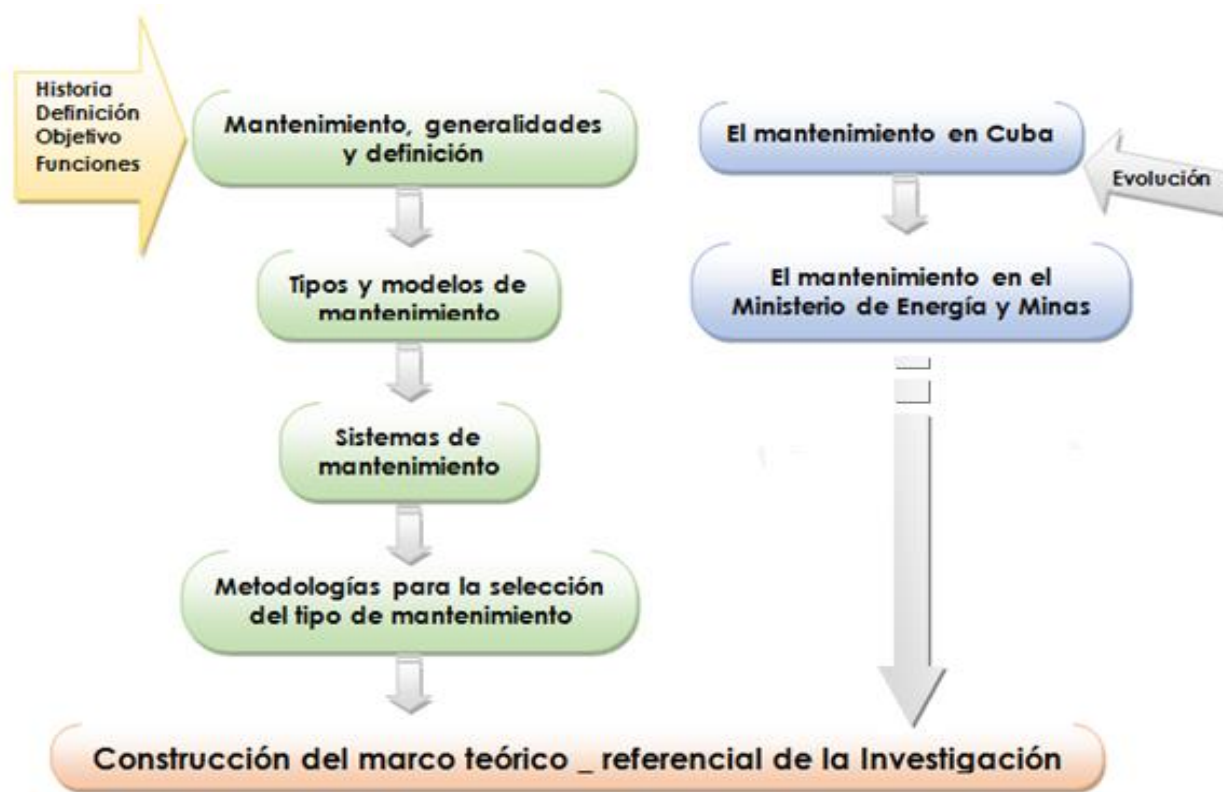


Figura 1.1. Hilo conductor seguido para la construcción del marco teórico-referencial de la investigación.

1.1. Mantenimiento, generalidades y definición

Se conoce la importancia que para el incremento de la productividad y la eficiencia de las empresas tienen la correcta organización de los trabajadores que intervienen directamente en el proceso productivo o de servicios, pues de la correcta organización de estos depende, en gran medida, los resultados que se obtengan.

Sin embargo, se comprende que no basta con organizar el trabajo del personal directo, sino que también es necesario que las máquinas, equipos e instalaciones, rindan según lo previsto.

Entre las causas que inciden en la deficiente explotación de las maquinarias, equipos e instalaciones se encuentra el alto índice de roturas imprevistas, lo que trae como consecuencia que los logros que se obtienen en la organización del trabajo del personal directo se vean mermados y hasta anulados, lo que contribuye al descontento de los trabajadores y a relajar la disciplina laboral.

Es esto que en todo proceso donde las maquinarias, equipos e instalaciones son un factor determinante en la producción o los servicios que se prestan, es necesario garantizar que estos se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento, por lo cual la organización de su mantenimiento adquiere gran importancia.

Por otra parte, si se tiene en cuenta que en muchas de las empresas las máquinas, equipos e instalaciones con que se cuentan tienen muchos años de explotación y que en muchos casos existen dificultades para la adquisición de las piezas de repuesto, se comprende cuán importante se torna para las mismas la actividad de mantenimiento.

1.1.1. Historia 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.(Gutiérrez, 2012)

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 períodos 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, 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, 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, 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.



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

1.1.2. Conceptos de mantenimiento

Existen muchos criterios y definiciones de mantenimiento de diversos autores, aunque la mayoría presentan pequeñas diferencias, pero todos poseen aspectos coincidentes. Para el desarrollo de la presente investigación se debe partir del análisis conceptual del término «mantenimiento», para

lo cual existen diferentes definiciones aportadas por autores como: (De la Paz Martínez, 1996);(Batista Rodríguez, 2000a) ;(Aguilera Martínez, 2001); (Alkaim, 2003);(González-Quijano, 2004);(Pentón, 2005);(Alfonso Llanes, 2009);(González Fernández, 2007);(Gutiérrez, 2012). Al analizar este término, se manifiesta un consenso en el uso de las expresiones «mantener», «conservar», «restablecer», «restaurar» o «preservar» la función pretendida del activo hasta el estándar de funcionamiento deseado por sus usuarios.

El autor de la presente investigación se identifica con el concepto presentado por (Martínez, 2010) que coincide con lo planteado por los autores del Manual de Gestión del Mantenimiento (2012) donde se establece que: “el mantenimiento es la integración de acciones técnicas, organizativas y económicas, encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos físicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad, para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el medio ambiente y la seguridad del personal”.

Varios autores (Moubray, 1997); (Batista Rodríguez, 2000a);(García-Ahumada, 2001); (Da Silva Neto, 2002);(Fabro, 2003);(García Garrido, 2003); (Torres, 2005); (Stefano, 2006); (Lodola, 2006);(Gutiérrez, 2012) concuerdan que en el mantenimiento el objetivo principal consiste en alcanzar el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo o de servicios con la mayor seguridad para el personal y menor contaminación del medio ambiente al menor costo posible.

1.1.3. Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento se debe comprender que ante todo es un servicio, y que además de sus objetivos, políticas, y maneras de actuar deben desarrollarse, ajustarse y evolucionar con los objetivos, políticas y estructuras de la empresa; por lo que se puede concluir que el desarrollo de la empresa da lugar a la evolución del servicio de mantenimiento; por lo que los objetivos de mantenimiento deben estar acorde con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área.

El concepto expresado por(Martínez, 2010) constituye una de las definiciones más completas, ya que es capaz de contemplar todos los aspectos fundamentales de la materia en cuestión como son el incremento de la disponibilidad del equipamiento, la reducción de los costos de mantenimiento, y el incremento de la vida útil económica de los activos fijos, los cuales son vitales para cumplir con los objetivos del mantenimiento, los cuales fueron planteados de la manera

siguiente de acuerdo con el criterio de varios autores (De la Paz Martínez, 1996);(Knezevic, 1996); (García Garrido, 2003); (Torres, 2005); (Lodola, 2006); (Stefano, 2006). Estos objetivos serán los que se mencionan a continuación:

Maximizar la productividad:

- reducir al mínimo los costos, debido a las paradas por averías accidentales de las máquinas que originan pérdidas de producción;
- reparar las averías en el menor tiempo posible; y
- aportar sugerencias de mejora productiva o de calidad a través de la experiencia en las intervenciones en las máquinas.

Minimizar los costos:

- realizar un aprovisionamiento de piezas de recambio de los equipos con una medida justa entre la inversión realizada para la adquisición de estos recambios y el costo que ocasiona la parada por falta de la pieza;
- reducir las fallas a la mínima expresión;
- aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones en sus condiciones originales de calidad y de rechazo; y
- manejarse dentro de costos anuales regulares.

Obtener la calidad requerida:

- cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida;
- eliminar las averías que afecten la calidad del producto; y
- mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.

Incrementar el ahorro energético:

- asegurar el suministro de energía, electricidad, aire comprimido, gas, etc;
- evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones;
- mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes; y
- minimizar el impacto en el medio ambiente.

Maximizar la seguridad e higiene:

- asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada;

- mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes; y
- adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.

1.1.4. Funciones del mantenimiento

Las funciones básicas del mantenimiento son desglosadas en:

Primarias: referidas al mantenimiento, inspecciones, servicio de lubricación y protección contra la corrosión, recuperación y modificación de equipos, instalaciones y edificaciones.

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.

Por su parte, (Corretger Rauet, 1996) plantea que las funciones de mantenimiento son las que comprenden sus relaciones con los objetivos de producción u otros departamentos de la empresa y las que corresponden a sus propias responsabilidades como servicio autónomo.

Según (Pérez Jaramillo, 2003), el mantenimiento constituye un sistema dentro de toda organización industrial cuya función consiste en ajustar, reparar, remplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad/calidad durante un período dado.

De acuerdo con (Portuondo Pichardo, 1990), referenciado en (Pentón, 2005), las funciones de mantenimiento caracterizan y justifican la existencia de una subdivisión de la empresa dedicada al mantenimiento; en la presente investigación se coincide que las funciones de mantenimiento para cualquiera organización deben estar en equilibrio con sus objetivos y con las estrategias o filosofías de mantenimiento que se apliquen. Para llevar a cabo dichas funciones, que permitan el desarrollo de la actividad de mantenimiento en empresas como la Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán, deben estar determinadas las tareas correspondientes a las mismas.

1.3. Tipos y modelos de mantenimientos

1.3.1. Tipos de Mantenimiento

En las empresas existen diferentes tipos de mantenimiento que se aplican continuamente en dependencia de las condiciones y equipamientos que se posean, con el pasar de los años son muchos los criterios que se han expresado, entre ellos se reconocen los que aparecen en el

presente estudio, en el que se hace referencia a los tipos mantenimiento según el criterio de diferentes autores, sintetizados según fuente de (Alfonso Llanes, 2009), y con ello también las posibles acciones que se puede efectuar con cada uno de los principales seleccionados según (Gutiérrez, 2012). Entre las clasificaciones a estudiar se destacan por su vigencia e implementación los que se exponen a continuación:

Correctivo: el mantenimiento correctivo, también conocido como reactivo, es aquel que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o rompió. Cuando se realizan estos mantenimientos, el proceso productivo se detiene, por lo que disminuyen las cantidades de horas productivas. Estos mantenimientos no se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que tomará realizarlo.

Preventivo: este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará así como también el tiempo que demandará.

Predictivo: con este mantenimiento se busca determinar la condición técnica, tanto eléctrica como mecánica, de la máquina mientras esta está en funcionamiento. Para que este mantenimiento pueda desarrollarse se recurre a sustentos tecnológicos que permitan establecer las condiciones del equipo. Gracias a este tipo de mantenimiento se disminuyen las pausas que generan en la producción los mantenimientos correctivos. Así, se disminuyen los costos por mantenimiento y por haber detenido la producción.

Proactivo: esta clase de mantenimiento está asociado a los principios de colaboración, sensibilización, solidaridad, trabajo en equipo, etcétera, de tal forma que quienes estén directa o indirectamente involucrados, deben estar al tanto de los problemas de mantenimiento. Así, tanto los técnicos, directivos, ejecutivos y profesionales actuarán según el cargo que ocupen en las tareas de mantenimiento. Cada uno, desde su rol, debe ser consciente de que deben responder a las prioridades del mantenimiento de forma eficiente y oportuna. En el mantenimiento proactivo siempre existe una planificación de las operaciones, que son agregadas al plan estratégico de las organizaciones. Además, periódicamente se envían informes a la gerencia aclarando el progreso, los aciertos, logros y errores de las actividades.

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.

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.

Cero Horas (Overhaul): Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Mantenimiento En Uso: es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no son necesarias una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

1.3.2. Modelos de Mantenimiento

Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica. Además, todos ellos incluyen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación.

Modelo Correctivo

Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, como veremos, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico, ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

Modelo Condicional

Incluye las actividades del modelo anterior, y además, la realización de una serie de pruebas o ensayos, que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si por el contrario, todo es correcto, no actuaremos

sobre el equipo. Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja.

Modelo Sistemático

Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura; y por último, resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

Modelo de Mantenimiento de Alta Disponibilidad

Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene por qué ser exactamente iguales año tras año.

Como quiera que en este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo, es decir, el objetivo que se busca en este equipo es CERO AVERÍAS, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la Puesta a Cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año.

1.4. Sistemas de mantenimiento

En diferentes literaturas han sido tratados equitativamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento (Pentón, 2005).

Algunos autores cubanos (Fernández, 1983) y (Navarrete Pérez, 1986); (Portuondo Pichardo, 1990); (Taboada Rodríguez, 1990); referenciados en (Pentón, 2005);(Alfonso Llanes, 2009); (Rodríguez Machado, 2012) 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). También es conocido en la industria cubana el Sistema Alterno de Mantenimiento (SAM) como un sistema integrador de varios de los sistemas tradicionales (Portuondo Pichardo, 1989); (De la Paz Martínez, 1996); (Aguilera Martínez, 2001).

En la actualidad existen infinidad de herramientas, técnicas, metodologías y filosofías de mantenimiento. Algunas de las más utilizadas (Nakajima, 1991); (Moubray, 1997); (Latino, 1999); (Zhu, 2000); (Durán, 2000); (Ellmann, 2001); (Améndola, 2002); (Alkaim, 2003); (Fabro, 2003); (González-Quijano, 2004); (Yañez Medina, 2004);(P.R, 2005a) pueden ser:

- Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (TPM);
- Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO);
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC/RCM);
- Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR) ;
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R);
- Análisis Causa Raíz (ACR);
- Análisis de Criticidad (AC);
- Optimización Costo Riesgo (OCR);
- Inspección Basada en Riesgo (RBI); y
- Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

Dentro de los sistemas tratados anteriormente actualmente han alcanzado mayor firmeza en su implementación y seguimiento, ya sea por las características de las máquinas, el local o por su fácil implementación, los siguientes:

Sistema Alterno de Mantenimiento (SAM)

El SAM es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar más de uno de los tipos de mantenimiento conocidos, en calidad de subsistemas del mismo. Estos tipos de mantenimiento serán aplicados a los diferentes equipos individuales o grupos homogéneos de equipos en función de sus características tecnológicas y otros elementos (Portuondo Pichardo, 1989); (De la Paz Martínez, 1996); (Aguilera Martínez, 2001); (Espinosa Martínez, 2006).

Ante las nuevas reglas de producción y la importancia que se le concede a la actividad integral de mantenimiento para el logro de esta, varios autores (Torres, 1997); (Batista Rodríguez, 2000b); (Hurtado de Mendoza, 2001); (González Danger, 2002); (Dos Santos Mendes, 2002); (Pentón, 2005); (Christensen, 2006); (Gutiérrez, 2012) han coincidido que, en principio, no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un único tipo de mantenimiento. Ya que cada equipo ocupa una posición diferente en el proceso industrial, y tienen unas características propias que los hacen diferentes del resto, incluso de otros equipos similares.

Es por ello que para la implementación de un buen Sistema de Mantenimiento se debe realizar a partir de un proceso integral de gestión de información, para que el programa de mantenimiento sea lo suficientemente efectivo, es por ello que se deberá realizar un adecuado diagnóstico y evaluación de la capacidad logística de la institución. Mediante la cual se necesitará información de los siguientes componentes: inventarios actualizados de equipos, estado de funcionamiento, grado de obsolescencia de equipos, funcionamiento, metodologías, y un historial de mantenimiento en el que se pueda observar también los sistemas de almacenamiento y transporte, y la capacitación del personal que ha utilizado el equipo, sistemas de control y seguimiento del uso, manejo y mantenimiento de los equipos existentes.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

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

Las ventajas principales que posee el mismo son:

1. Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
2. El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua.

Sus desventajas:

1. Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere del apoyo de todos los componentes de la organización.
2. La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. El proceso de implementación requiere de varios años.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Es “un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente”¹.

RCM se basa en analizar los fallos potenciales que puede tener una instalación, sus consecuencias y la forma de evitarlos. Fue documentado por primera vez en un informe escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1978. Desde entonces, el RCM ha sido usado para diseñar el mantenimiento y la gestión de activos en todo tipo de actividad industrial y en prácticamente todos los países industrializados del mundo. Este proceso definido por Nowlan y Heap sirvió de base para el desarrollo del RCM, que ha mejorado y refinado con su uso y con el paso del tiempo y se reconoce que permite alcanzar los resultados siguientes:

1. Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas.
2. Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
3. Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Otro aspecto importante de dicho mantenimiento es que el mismo se basa en el análisis de fallos; donde se consideran tanto aquellos hechos que ya han ocurrido, como los que tienen cierta probabilidad de ocurrir y pueden tener consecuencias graves, lo cual según el criterio de la autora

¹El concepto fue obtenido del sitio <http://www.rcm2-soporte.com/documentos>

del presente estudio constituye un elemento de relevancia que permite a cualquier entidad prevenir los posibles fallos o paradas innecesarias para mantener continuidad en la producción, y por ende la competitividad deseada.

Dentro de este sistema se encuentra el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad 2 (RCM 2).

Esta metodología fue desarrollada por (Moubray, 1997), y no solo cumple con la norma (SAEJA1012, 2002), referida a certificación de procesos RCM, sino que es una de las tres referencias de dicha norma.

El RCM 2 es un procedimiento estructurado para determinar la política de mantenimiento más adecuada para cada activo físico de una planta industrial, en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, luego preguntarse por los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no solo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables (Moubray, 1997) y (Sotuyo Blanco, 2001).

Las consecuencias expuestas por (Moubray, 1997) sobre el RCM 2 son clasificadas en cuatro categorías:

1. Fallas ocultas.
2. Seguridad y medio ambiente.
3. Operacionales.
4. No operacionales.

La implantación del RCM 2 (Moubray, 1997) y (Sotuyo Blanco, 2001) supone los resultados siguientes:

1. Aumento inmediato de la disponibilidad y confiabilidad de máquinas y equipos.
2. Mejor aprovechamiento de todos los recursos productivos con importantes beneficios económicos medibles, que superan altamente la lograda reducción de costos.
3. Mejor conocimiento de máquinas y equipos por todo el personal.
4. Trabajo en equipo y motivación entre distintas áreas, hacia los objetivos comunes de la empresa.
5. Mejor atención a problemas de seguridad y medio ambiente.
6. Preservación mejor y más prolongada de activos físicos.

Mantenimiento Preventivo (MPP)

Puede ser definido como una lista completa de actividades de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, máquinas y equipos. Dicho sistema tiene como objetivo evitar el desgaste o deterioro prematuro de los medios básicos minimizando el impacto del proceso de degradación que sufren los equipos. Con sus actividades programadas, se persigue mantener el activo, en todo instante, con la condición operativa para el cual fue diseñado (Portuondo Pichardo, 1990);(Taboada Rodríguez, 1990); (De la Paz Martínez, 1996); (García Palencia, 2003);(Alfonso Llanes, 2009).

Bajo este sistema se considera que el personal de mantenimiento será el encargado de la planificación y el control, además de programar las reparaciones e inspecciones antes de que ocurran las averías o desperfectos de las máquinas y equipos. Según (Taboada Rodríguez, 1990), el MPP es el sistema que mejor se adapta a las condiciones existentes de la economía cubana, de ahí su gran aplicación en la mayoría de las empresas industriales.

Ante las nuevas reglas de producción y la importancia que se le concede a la actividad integral de mantenimiento para el logro de esta, varios autores (Torres, 1997); (Batista Rodríguez, 2000a); (Hurtado de Mendoza, 2001); (González Danger, 2002); (Dos Santos Mendes, 2002); (Pentón, 2005); (Christensen, 2006), (Alfonso Llanes, 2009); (Rodríguez Machado, 2012);(Acosta Palmer, 2012) han coincidido que, en principio, no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un único tipo de mantenimiento. Cada equipo ocupa una posición diferente en el proceso industrial, y tienen unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares.

Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM por sus siglas en inglés)

El Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM, por sus siglas en inglés) o Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM, por sus siglas en inglés) o Mantenimiento Estratégico se desarrolla sobre la base del comportamiento actual de las organizaciones y su entorno a nivel mundial, en cuanto al aumento de las exigencias de calidad y reducción de costos de los productos y servicios, donde el mantenimiento ha pasado a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos en grado similar al de la operación, convirtiéndose en la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la realización industrial al mismo tiempo, o sea, costo, plazo y calidad, definida como la “Función Pivotante” Mckinsey & Company, citado en (P.R, 2005b)

Las características principales de esta estrategia (Yañez Medina, 2004) son las siguientes:

1. Decisiones atinentes a compra o reemplazo de plantas fundamentadas en análisis de valor actual del costo de ciclo de vida, considerando costos de mantenimiento y lucro cesante estimado, en lo posible, de experiencia documentada fehacientemente.
2. Un acabado análisis de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad de la nueva planta, con la participación conjunta del propietario/operador y responsables del diseño, manufactura e instalación. La aproximación a desarrollar incluye la evaluación de aprovisionamiento de repuestos, capacitación del personal de mantenimiento y los servicios de apoyo de proveedores. La criticidad de esta etapa es función de la magnitud de costos de mantenimiento y lucro cesante.
3. Un sistema de registro y análisis de fallas e identificación de áreas con alto costo de mantenimiento, desde la puesta en marcha hasta el reemplazo de la planta, destinado a formular modos de acción conducentes a minimizar costos directos e indirectos de mantenimiento.
4. Un sistema de gestión de bienes de capital que trascienda las fronteras tradicionales de toma de decisiones.

1.5. Metodologías para la selección del tipo de mantenimiento

En la literatura especializada se han presentado una variedad amplia de propuestas encaminadas a decidir el tipo de mantenimiento más apropiado a aplicar a cada equipo. Estas propuestas pueden dividirse en dos tendencias fundamentales, la primera está relacionada a la presentación de metodologías que, al considerar varios factores, permiten decidir directamente la política de mantenimiento a seguir en cada situación específica; la segunda estrategia, de mucho auge en la actualidad, consiste en la determinación del nivel de criticidad de cada activo dentro del proceso productivo para luego, en función de éste, asignar la política de mantenimiento que resulte pertinente.

Metodologías para la selección directa del tipo de mantenimiento

En la literatura se pueden encontrar métodos que pueden ayudar en la selección de políticas y acciones de mantenimiento económicamente efectivas como los empleados para la optimización del mantenimiento, dentro de éstos se destacan el procedimiento de la filosofía RCM (Reliability Centered Maintenance), el referido al Análisis Multicriterio (Alsyouf, 2004);(De Freitas Cordeiro, 2005);(Forslund, 2006);(Alfonso Llanes, 2008c), y el correspondiente al Sistema Alternativo de

Mantenimiento (SAM) (Portuondo Pichardo, 1989);(De la Paz Martínez, 1996);(Aguilera Martínez, 2001) utilizado en varias industrias cubanas. Otra de las metodologías empleadas es el análisis del riesgo asociado a los diferentes modos de fallos que se pueden presentar en dichos equipos, todo ello llevado a cabo a través de la llamada “Matriz de Riesgo”(Yañez Medina, 2004);(González-Quijano, 2004). Se presentan las estrategias de selección basadas en elementos económicos, desarrolladas con el fin de garantizar que el criterio de mantenimiento empleado en cada equipo (correctivo, preventivo o predictivo) garantice las mayores utilidades (ahorros) (Marín, 1994);(Sondalini, 2002) y (Alsyouf, 2004) y (Espinosa Martínez, 2006) el cual recoger variables y criterios de otros autores también considera las variables seguridad del personal y consumo energético.

Metodologías para la selección basadas en la clasificación del equipamiento

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual (Hurtado de Mendoza, 2001);(Christensen, 2006); (Alfonso Llanes, 2008c); (Alfonso Llanes, 2009). La clasificación de un componente como crítico supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo que permita atajar sus posibles causas de fallo. En la tabla 1.1 se muestran las diferentes clasificaciones del equipamiento propuestas en la literatura consultada.

El método clásico de evaluación de la criticidad de los componentes de un sistema se realiza normalmente mediante la técnica de Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis) y, en otros casos, mediante la herramienta de análisis de Modos de Fallo y Criticidad (FMECA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) (Fernández Pérez, 2003);(González-Quijano, 2004). El método más generalmente utilizado para realizar la jerarquización de los elementos dentro de un sistema productivo o de servicios es el empleo de un grupo de factores, criterios o variables que caractericen su contexto operacional, valorando las consecuencias que sobre cada una de ellas genera cada modo de fallo que se presente. Existe un grupo de estos criterios que son comunes a la mayoría de las propuestas, dígame: seguridad, impacto ambiental, costo de reparación, pérdida de producción y tiempo de reparación.

Tabla 1.1. Clasificación del equipamiento

Fuente	Clasificación
MINBAS [1986]	Fundamentales para la producción No fundamentales para la producción
Ochoa Crespo [1994]	Máxima categoría Categoría media Categoría regular Categoría mínima
Vinicius Lucatelli y García Ojeda [1995]	De soporte directo a la vida Con sustitución periódica y obligatoria de piezas Que ofrece altos niveles de energía Con intervalo de mantenimiento normalizado
De la Paz Martínez [1996]	Muy importantes o fundamentales Normales o convencionales Auxiliares
González Danger y Hechavarria Pierre [2002] Torres [2003]	Importancia A Importancia B Importancia C
Torres [1997] Huerta Mendoza [2001] García Garrido [2003] Yañez Medina [2004] Cardoso Morais [2004] Borroto Pentón [2005] Christensen [2006]	Alta criticidad (clase A) Mediana criticidad o importantes (clase B) Baja criticidad o prescindibles (clase C)

Fuente: adaptada de (Pentón, 2005).

Estas propuestas adolecen de no considerar la ocurrencia potencial de fallos o interrupciones simultáneas (fallos múltiples), las cuales pudieran ser, en conjunto, de mayor criticidad aunque, por lo general, se trate de equipos de baja criticidad individual, y es necesario realizarle adecuaciones para el caso de operaciones de procesos continuos.

A continuación se definen las variables consideradas en el algoritmo de decisión planteado por (Alfonso Llanes, 2008c), así como los posibles efectos (niveles) que, ante un fallo del equipamiento, se pueden presentar en cada una de ellas.

Seguridad: capacidad del fallo de ocasionar daño a las personas que se encuentran en la zona donde opera el equipo o en general al medio ambiente.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca efectos graves sobre los operarios y/o sobre el medio ambiente.

Nivel 2: el fallo del equipo trae consigo riesgos para los operarios y/o para el medio ambiente.

En la tabla 1.2 se muestran las características a considerar en estos dos niveles.

Nivel 3: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente.

Tabla 1.2. Características de los niveles de la variable Seguridad

	Medio ambiente	Operarios
Efectos Graves	-El fallo provoca afectaciones al medio ambiente que, además, pueden ocasionar enfermedades a los operarios que laboran en el área. -El fallo ocasiona una contaminación fuera de las especificaciones permisibles.	-El fallo causa la muerte del operario. -El fallo inhabilita totalmente al operario para seguir laborando
Riesgos	-Las consecuencias del fallo provocan alguna contaminación medioambiental pero dentro de los límites permisibles.	-Las consecuencias del fallo pueden causar algunos de los riesgos definidos en la empresa sin llegar a causar efectos graves en el operario.

Fuente: (Alfonso Llanes, 2008c).

Calidad: nivel de afectación a la calidad del producto que conlleva el fallo del equipo.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento.

Nivel 2: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado.

Nivel 3: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto.

Régimen de trabajo: cantidad de tiempo que opera el equipo en la jornada de trabajo.

Para llevar a cabo la clasificación de esta variable se propone emplear el criterio “tasa de utilización (t_u)”, el cual puede agravar o reducir la incidencia del fallo sobre la misma.

Nivel 1: el equipo es utilizado intensivamente ($t_u \geq \bar{t}_u$)

Nivel 2: el equipo es utilizado medianamente ($\bar{t}_u/2 \leq t_u < \bar{t}_u$)

Nivel 3: el equipo es de uso ocasional o de baja utilización ($t_u < \bar{t}_u/2$)

Afectaciones: se asocia al efecto del fallo del equipo en el proceso y su capacidad de interrumpirlo de forma total o parcial.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando se presenta alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo del equipo inhabilita al equipo o a la instalación.
- El fallo se presenta en el equipo limitante de la planta o en un equipo de una línea de producción continua.
- El equipo que falla es redundante y existe la probabilidad de un fallo múltiple. La probabilidad de que se produzca un fallo múltiple durante un período dado está regida por la situación donde falla el equipo de reserva (B) mientras el equipo base (A) aún se encuentra averiado, sea, el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es mayor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) ($TMPR_A > TMEF_B$). En los casos donde exista más de un equipo de reserva se realizaría este análisis a través del tratamiento que se le da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas.

Nivel 2: el fallo del equipo provoca la interrupción de un sistema o unidad importante.

Nivel 3: el fallo del equipo no afecta la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando ocurre alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo se presenta en un equipo auxiliar o en un equipo cuyo nivel de utilización es medio o bajo (posee capacidad suficiente para restablecer el fallo sin afectar el resultado final de la producción/servicio).
- El fallo se presenta en un equipo redundante y su falla no afecta el proceso de producción/servicio. Esta situación se presenta cuando el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es menor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) ($TMPR_A < TMEF_B$), o sea, el equipo de reserva asume la producción mientras al equipo base se le restablecen sus condiciones de funcionamiento. En los casos donde exista más de un equipo de reserva se realizaría este análisis a través del tratamiento que se le da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas.

Frecuencia de fallos: cantidad de fallos de cualquier componente del sistema por período de utilización (fallos/unidad de tiempo).

Para la evaluación de esta variable se utilizará el indicador “tasa de fallos (λ)”, la cual está dada por el número de fallos que se generan en un determinado período (se recomienda utilizar el período de un año).

Nivel 1: muchas paradas ocasionadas por los fallos ($\lambda > \bar{\lambda}$).

Nivel 2: paradas ocasionales ($\bar{\lambda}/2 \leq \lambda \leq \bar{\lambda}$).

Nivel 3: paradas poco frecuentes ($\lambda < \bar{\lambda}$).

Tiempo de reparación: tiempo necesario para reparar el fallo.

Nivel 1: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($\overline{\text{TMPR}} > \overline{\text{TMPR}}$).

Nivel 2: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado ($\overline{\text{TMPR}}/2 \leq \overline{\text{TMPR}} \leq \overline{\text{TMPR}}$).

Nivel 3: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($\overline{\text{TMPR}} < \overline{\text{TMPR}}/2$).

Costo de reparación: costo asociado a la reposición del estado de funcionamiento del elemento que ha fallado (costo del fallo).

Nivel 1: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($\overline{\text{Cr}} > \overline{\text{Cr}}$).

Nivel 2: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado ($\overline{\text{Cr}}/2 \leq \overline{\text{Cr}} \leq \overline{\text{Cr}}$).

Nivel 3: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($\overline{\text{Cr}} < \overline{\text{Cr}}/2$).

Como se ha podido observar en las variables régimen de trabajo, tiempo de reparación y costo de reparación se ha utilizado la estimación de la media en la caracterización de cada uno de sus niveles, sin embargo, esta medida puede verse afectada por la presencia de valores extremos en el conjunto de datos analizados. Para el tratamiento (detección) de este tipo de valores se propone emplear el Criterio Variacional de Dixon. En el caso de que un determinado valor “X” sea catalogado como extremo, entonces no se consideraría en el cálculo de la media aunque sí se tendría en cuenta a la hora de determinar el nivel que en el equipo que se esté analizando alcanzaría dicha variable.

Se tomará un año como período de tiempo para el cálculo de los diferentes parámetros (Cr , tu , λ , TMEF, TMPR) que caracterizan a cada variable.

Un elemento importante a considerar cuando se realizan análisis de este tipo, relativos al equipamiento productivo, lo constituye el tipo de producción continua dado que en estos sistemas es necesario analizar la línea de producción como una sola máquina debido a la interdependencia y sincronización que existe entre los diversos equipos que la conforman, pues el fallo de uno de ellos causa la parada total del proceso sin importar la posición que ocupe en la línea, a menos que se disponga de unidades de reserva para cubrir los picos de demanda. Estas características de la producción continua van a surtir efectos en varias de las variables del algoritmo presentado, dígase: régimen de trabajo, afectaciones, calidad y frecuencia.

Además existe un grupo de autores que han desarrollado metodologías para analizar el tipo de mantenimiento a aplicar a cada equipo, desarrollando la toma de decisiones a partir de las variables: criticidad del equipamiento y clasificación de los fallos. A continuación se describe el análisis realizado por algunos de ellos.

(Torres, 1997). Establece una metodología agrupando el equipamiento en tres clases (A, B y C) con características específicas (ver tabla 1.3), clasificando los equipos según tres niveles (1, 2 y 3) de las variables: Seguridad (S), Calidad (Q), Régimen de Trabajo (RT), Afectaciones o Confiabilidad Operacional (CP), Frecuencia de Fallas (F) y Costo (C) a través de un flujo grama (ver anexo 1).

Tabla 1.3. Clasificación del equipamiento

Clase de equipamiento	Características de la clase	Concepto
A	Necesidad de operar a plena capacidad, siempre es solicitado	Disponibilidad máxima
B	La falta de este equipo afecta directamente el proceso productivo	Fallo mínimo
C	La falta de este equipo no trae consecuencias relevantes	Costo mínimo

Fuente: (Torres, 1997).

El propio autor propone según las fallas caracterizadas para cada clase de equipo, varias variantes de mantenimiento (ver tabla 1.4).

Tabla 1.4: Estrategias de mantenimiento por clase según el fallo

Clase	Características de los fallos			
	PFD ←	PDD	APF ←	AMF
	Políticas de Mantenimiento Aplicables			
A	A ↑ B E F	B ↑ F A E	A ↑ E F -	F ↑ A E -
B	A ↑ B E F	B ↑ F E -	E ↑ F D -	F ↑ E D -
C	A ↑ C E F	C ↑ E F -	E ↑ F - -	E ↑ F - -

Fuente: (Torres, 1997).

Siendo las clasificaciones de los fallos del equipamiento:

- Periódicos de Fácil Detección (PFD)
- Periódicos de Difícil Detección (PDD)
- Aleatorios Muy Frecuentes (AMF)
- Aleatorios Poco Frecuentes (APF)

Las políticas a mantenimiento a aplicar son:

A: Mantenimiento Preventivo con Base a la Condición (Predictivo).

B: Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.

C: Mantenimiento Preventivo con Base en la utilización de los recursos Constantes.

D: Mantenimiento Preventivo de Oportunidad.

E: Mantenimiento Correctivo.

F: Mantenimiento de Memoria.

Procedimiento de selección de alternativas de mantenimiento para los equipos (Martínez, 2010)

Actualmente son múltiples las tendencias que existen para establecer los sistemas de mantenimiento, generalmente se seleccionan en función de la política de la empresa y los requerimientos de calidad, seguridad y mercado, además de las características propias del proceso.

En este sentido se han desarrollado varios procedimientos empleando criterios de selección generalmente a nivel de máquina, entre los que se destacan los propuestos por diferentes autores como: (De la Paz Martínez, 1996); (Torres, 1997); (Batista Rodríguez, 2000a); (Hurtado de Mendoza, 2001); (Dos Santos Mendes, 2002); (Pérez Jaramillo, 2003); (Pentón, 2005); (Christensen, 2006); (Molina, 2006); (Alfonso Llanes, 2007), sin embargo, cada uno presenta sus ventajas y desventajas desde el punto de vista de su aplicación práctica.

Reflexionando en los elementos anteriores, (Martínez, 2010) consideró aplicar una alternativa de selección de la política de mantenimiento a seguir desde una versión más actualizada, en la cual se vinculan los factores planteados por los autores expuestos y algunas variables fundamentales que se habían obviado en métodos anteriores. Los pasos a seguir en este procedimiento se presentan en la figura 1.3.

El método propuesto permite analizar los equipos en diferentes perspectivas, identifica las funciones que tiene cada máquina en la entidad, y si estas están de acorde con lo que tienen planificado. Además toma en cuenta la seguridad del personal y la influencia que tiene el empleo de los mismos al consumo de energía de la organización, que a su vez constituyen aspectos importantes que no habían sido tratados en métodos propuestos por otros autores reconocidos, e

influyen de manera directa en la selección puesto que permite conocer las posibles fallas, y por ende preverlas.

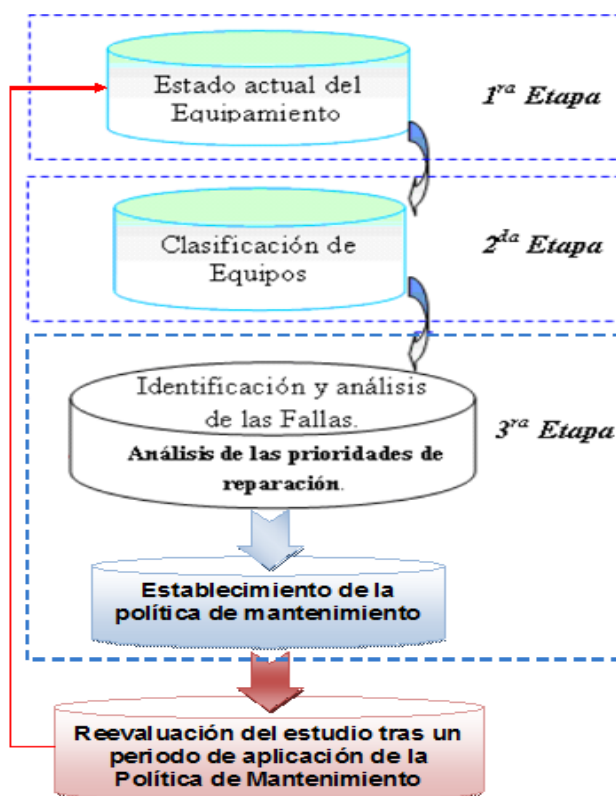


Figura 1.3. Procedimiento de selección de alternativas de mantenimiento para los equipos
Fuente: (Martínez, 2010).

1.6. Sistema de Mantenimiento en Cuba

La cultura de mantenimiento no existía en Cuba antes de 1959 en la mayoría de las industrias y no fue sino hasta 1961 cuando comenzó a iniciarse esta actividad, a partir de la introducción del Mantenimiento Preventivo Planificado en el Ministerio de Industrias.

En 1976, se aprueba la Ley No. 1323, de Organización de la Administración Central del Estado, en la cual se estableció entre las atribuciones y funciones principales del Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica, "... la elaboración de Normas de Mantenimiento y Explotación para las Máquinas-Herramienta del País", constituyéndose así el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) para las Máquinas-Herramienta de Arranque de Virutas, Conformado de

Metales, Elaboración de Madera, Equipos de Fundición, Equipos de Izaje y Transportación, integrado por normas y procedimientos de gran importancia técnica y económica, lo cual fue implantado en todas las empresas del Ministerio mencionado.

En el año 1981 se estableció, como un lineamiento para el desarrollo de la industria: “Ejecutar una política sistemática de mantenimiento y reparaciones generales que permitan garantizar o restituir las capacidades potenciales a las unidades...” y, a partir de la política la mayoría de las empresas cubanas asumieron el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado, conocido por las siglas MPP, adaptándolo a las características de cada organización y sus maquinarias.

Después en 1985, el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) aprobó una nueva política de mantenimiento, que cambió la óptica del sistema de MPP a sistemas más adecuados a las características de las mismas, en particular se implementó el Sistema de Mantenimiento por Diagnóstico.

La adaptación del MPP de las máquinas-herramienta a equipos de otro tipo se realizó muchas veces a base de conocimientos empíricos y no científicos (estudios de modos de fallo o de fiabilidad) como era menester, pero el progreso científico-técnico ha demostrado que esa adaptación y la adopción de un sistema único de mantenimiento para toda la industria no es una opción justificable técnica ni económicamente pues no obstante a sus múltiples ventajas, el Sistema de MPP, que es el más extendido en Cuba, tiene también grandes desventajas entre las que se destacan:

1. Los ciclos que se planifican no siempre son los más adecuados para cada equipo y se requiere su revisión periódicamente;
2. Muchas veces se desarmen equipos sin necesidad real y entre el desarme y arme posterior se corren riesgos de roturas y errores que pueden ser de gran envergadura;
3. El gasto de piezas, materiales y otros recursos en que se incurre es considerable y en ocasiones no responde a las necesidades reales.

Durante los años 90, la economía cubana pasa por un profundo proceso de reconversión, debido a los cambios necesarios para salir adelante con una producción de calidad y al menor costo posible. Dentro de los ingentes esfuerzos por la producción, muchos no recordaron la importancia que tiene la actividad integral de mantenimiento para el logro de ese objetivo cardinal, surgiendo con frecuencia innumerables contradicciones entre mantenimiento y producción. Y es que también tenía que producirse la reconversión en el mantenimiento, comenzando por entender que

el sistema de MPP establecido y casi generalizado, presenta importantes problemas que lo hacen difícil de ejecutar y altamente costoso, además de que los procedimientos normados para su ejecución se violan continuamente al ser impracticables y que en definitiva, la actividad integral de mantenimiento es ineficiente, pues parte de un sistema que ya se ha vuelto caduco en su concepción original, ante las nuevas exigencias y reglas de la producción en entornos competitivos.

1.7. Mantenimiento en el ministerio de energía y minas.

El Ministerio de Minas y Energía es una entidad pública de carácter nacional del nivel superior ejecutivo central, cuya responsabilidad es la de administrar los recursos naturales no renovables del país asegurando su mejor y mayor utilización; la orientación en el uso y regulación de los mismos, garantizando su abastecimiento y velando por la protección de los recursos naturales del medio ambiente con el fin de garantizar su conservación, restauración y el desarrollo sostenible, de conformidad con los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental, señalados por la autoridad ambiental competente.

Con el fin de establecer el nuevo marco institucional requerido, la reorganización del Ministerio de Minas y Petróleos se convirtió en un propósito fundamental. La Ley 2 de 1973 concedió al poder ejecutivo las facultades necesarias para reorganizar el sector minero energético, otorgando al Gobierno los elementos y medios indispensables para el cumplimiento cabal de sus funciones como promotor y responsable del desarrollo óptimo de los recursos naturales renovables y no renovables destinados al abastecimiento energético del país.

Conclusiones parciales

1. Diferentes autores reconocen la jerarquía de una apropiada gestión del mantenimiento para el logro del éxito empresarial, por lo que se pretende desarrollar en la Refinería Sergio Soto de Cabaiguán esta actividad con el fin de incrementar sus servicios a los clientes.
2. Las metodologías para la selección del tipo de mantenimiento son variadas y consideran diferentes aspectos (variables). Para el desarrollo de esta investigación en la Refinería Sergio Soto de Cabaiguán, SS se decidió aplicar la propuesta por (Martínez, 2010) porque además de recoger variables y criterios de otros autores también considera las variables seguridad del personal y consumo energético.

Capítulo 2. Evaluación de la política de mantenimiento y selección del procedimiento a aplicar en la Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán.

En el presente capítulo, se pretende dar continuidad al estudio propuesto, para lo cual es necesario analizar las condiciones actuales en el que se efectúa el mantenimiento y con ello también, evaluar el estado en el que se encuentra inmerso el mismo, mediante la aplicación de herramientas de investigación y el apoyo de especialistas de diferentes ramas de la organización, se podrá brindar una solución coherente sobre el problema científico en cuestión y por ende, arribar de este modo a respuestas sustanciales derivadas del marco teórico del estudio propuesto (la base para selección de un procedimiento) que permitirán establecer la mejor alternativa de mantenimiento en los equipos de la UEB de maquinado, siendo lo anterior un elemento de vital importancia que se analizará en el próximo capítulo de la investigación.

2.1. Caracterización de la Empresa

La Refinería Sergio Soto constituye un establecimiento que radica en la provincia de Sancti Spíritus. La Empresa Refinería de Petróleo “Sergio Soto Valdés” fue fundada el 20 de Diciembre de 1947, con el nombre de Refinería RECA, fue la primera refinería del país intervenida por el gobierno revolucionario y a la vez donde primero se refinó en Cuba el crudo Soviético. El 13 Diciembre del 1976 se crea la Refinería de Petróleo de Cabaiguán, con personalidad jurídica propia a todos los efectos legales. En el año 1987 se unifica la distribuidora con la refinería por la Resolución 18-31 de fecha 1 Diciembre 1987, constituyendo la primera experiencia de este tipo en el país, en el año 1989 se construye una planta productora de Aceites Básicos. Para la transportación de las producciones, materias primas y materiales la entidad cuenta con 37 camiones destinados a la distribución de la producción terminada y un tren especial para el abastecimiento del crudo. Los clientes la Unión CUPET, el sistema del Ministerio de Energía y Minas y las asociaciones económicas internacionales y empresas mixtas vinculadas al petróleo y en todos los casos previa autorización de la Unión, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.

La **misión** se define como: utilizar eficientemente las capacidades de refinación, comercializar eficazmente los productos derivados para satisfacer las necesidades de los clientes y la sociedad con calidad, seguridad, sostenibilidad y bajos costos, exigiendo un uso y control eficiente de los combustibles; como resultado de la participación cohesionada, íntegra, profesional y ética de nuestros trabajadores comprometidos con la lucha por la independencia y el bienestar de nuestro país.

Mientras que la **visión** es: la Empresa Refinería de Petróleo “Sergio Soto”, es la organización petrolera que asegura la autosuficiencia de petróleo y sus derivados al territorio, a partir de alcanzar un alto potencial tecnológico y lograr la participación cohesionada, profesional y ética de sus trabajadores comprometidos con el desarrollo sostenible del país.

Objeto social:

Ofrecer servicios de laboratorio de análisis especializados de combustibles y lubricantes al costo, comercializar de forma mayorista chatarra al Sistema de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, prestar servicios de recogida de aceite usado y lodos oleosos, realizar la venta, transportación, distribución y efectuar la comercialización mayorista de aceite usado, brindar servicios de instalación, reparación y mantenimiento de instalaciones de gas licuado a la población. Su **objetivo principal** es procesar y comercializar petróleo crudo y sus derivados y brindar servicios de transportación y comercialización de combustible y gas.

Características de la organización: la estructura organizativa está concebida para liberar responsabilidades, sin dejar de controlar las actividades que constituyen objeto de indispensable cumplimiento para la empresa (existen jefes de área que se subordinan al director y estos a su vez controlan las diferentes brigadas productivas y de servicio). Los trabajadores están amparados por normas de seguridad y salud del trabajo que establecen la entrega de ropa y aseo tecnológico.

Tecnología y equipamiento: la tecnología existente por lo general es obsoleta pues cuentan con un equipamiento con más de 20 años de explotación con algunos equipos renovados.

2.2. Caracterización del departamento de mantenimiento

El área de mantenimiento se dedica totalmente al apoyo eficiente del proceso productivo en caso de presentarse deficiencias en el equipamiento instalado. Su objetivo principal es conservar todo el equipamiento y edificios para minimizar las fallas imprevistas de manera que aumente la productividad y se disminuyan los costos. Para ello cuenta con un personal comprometido con la actividad, que trabaja según el MPP. La mayoría de las tareas de mantenimiento que se reportan para su realización son ejecutadas por los operarios de la empresa, aunque también se externalizan algunas funciones y actividades. Además se pudo conocer que la Refinería cuenta actualmente para el mantenimiento del centro con un personal calificado que se encuentra conformado de la siguiente manera en la Figura 2.1:

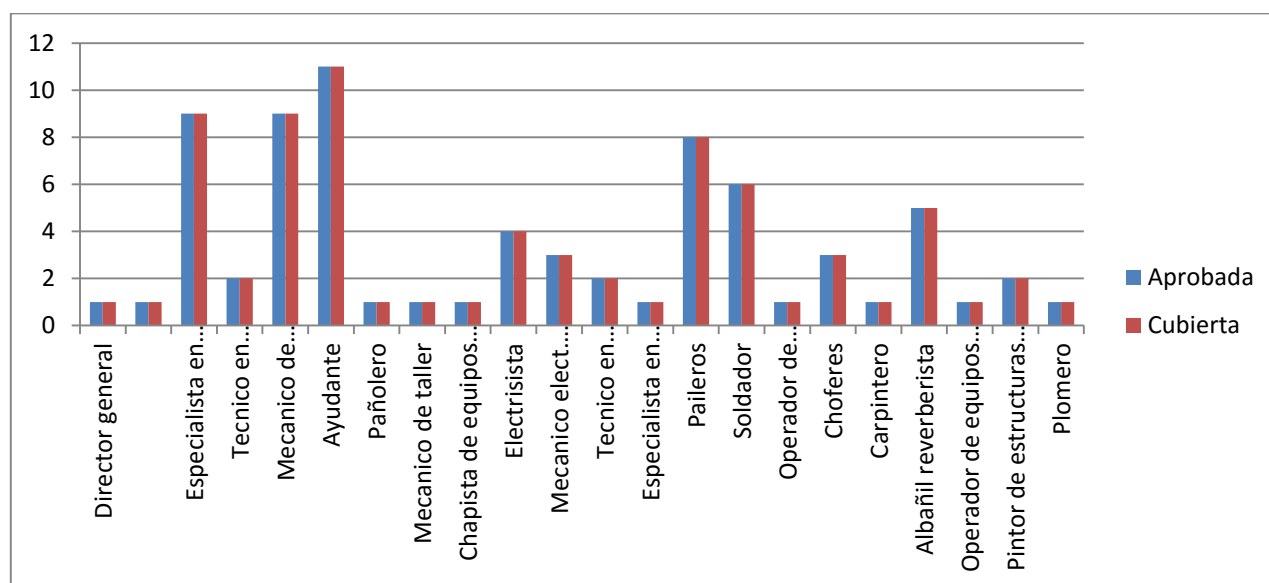


Figura 2.1. Comportamiento de la plantilla de UEB mantenimiento. **Fuente:** Elaboración propia

2.3. Selección de alternativa de mantenimiento para cada equipo

Es por ello que se considera pertinente aplicar el procedimiento seleccionado en el capítulo (como se muestra en la figura 1.3 uno en la empresa tomada como objeto de estudio, ya que analiza de manera más profunda las influencias de cada máquina dentro de la organización, sus funciones y características de forma independiente, por ello para

su aplicación es necesario tener en cuenta dentro de las etapas fundamentales del procedimiento (etapa 2 y 3).

Etapa 1. Estado actual del equipamiento.

Para analizar el estado actual del mantenimiento en la empresa objeto de estudio práctico es necesario la conformación de un grupo de expertos.

Selección del grupo de expertos

Para dar continuidad al presente estudio y garantizar la aplicación eficaz del análisis actual del equipamiento, para esto se definió el grupo de expertos según el método de selección por (Fernández, 2003) que aparece reflejado en el anexo 2. En la tabla que se muestran a continuación se muestran los trabajadores seleccionados.

Tabla 2.1: Grupo de experto seleccionado

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	Lester Alain. Alemán Hurtado	Director general	28
2	Aidelyn Acosta Izquierdo	Especialista en Gestión Económica	7
3	Rigoberto Benavides Zaila	Director UEB Producción.	11
4	Gilberto Bada Calle.	Director UEB Comercial	15
5	Edilio Jiménez Pérez	Mecánico de Mantenimiento Industrial y Automotor	10
6	Felix Berto Macias Cañizarez	Pañolero	10
7	Yasser Yera Toste	Mecánico de taller	6
8	Juan Carlos	Electricista	25

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta el apoyo de la dirección de la organización y el de los expertos seleccionados se realiza un análisis en los siguientes aspectos relacionados con el mantenimiento de la entidad:

- Historial de equipos y documentación técnica;
- Órdenes de trabajo;
- Nivel de informatización;
- Programación del plan de mantenimiento
- El estado técnico de los equipos; y

Cada aspecto mencionado fue abordado por los expertos de la manera siguiente:

Historial de equipos y documentación técnica

Una vez que se analiza el historial de equipos se encuentra la situación siguiente: en el área de mantenimiento no se posee registro sobre las paradas de los equipos por lo que la información se pierde, que es de gran utilidad para el estudio. La ausencia de este historial de equipos puede provocar afectaciones en el control del equipamiento existente, puesto que no se puede reflejar el tiempo de funcionamiento del equipo, tiempo medio entre fallas, la frecuencia y duración de las averías, sus causas y otros datos mediante gráficos significativos, que a su vez constituyen de gran importancia a la hora de actuar sobre ellos y proponer su gestión.

Documentación técnica: la entidad analizada posee un local específico de mantenimiento, en el cual se tiene una documentación técnica relacionada a todos los equipos de la empresa y se cuenta con un manual de mantenimiento implementado desde el 2010 y carpetas para cada equipo donde se reflejan los diferentes datos sobre cada máquina en específico. Dentro de los mismos se pueden observar datos como: nombre del equipo, marca, modelo, capacidad, país, ciclos de mantenimiento, entre otros elementos. Aparecen también las herramientas a utilizar, así como las piezas más importantes del equipo y su costo.

Órdenes de trabajo

Respecto a las órdenes de trabajo se pudo conocer que las mismas pueden ser planificadas o imprevistas. La mayoría de las ocasiones son imprevistas debido a la limitación de recursos. Es por ello que una orden de trabajo puede ser correctiva o imprevista, y se realiza posterior al surgimiento de una solicitud de trabajo que en la mayoría de los casos, es de forma escrita, las mismas se exponen en el anexo 3 de la investigación.

Las órdenes de trabajo correctivas posee aspectos importantes tales como: número de orden, fecha, nombre, calificación y firma de la persona que solicita la orden, especialidad, hora, descripción del trabajo a realizar, nombre y firma del operario que realiza la actividad, así como del que se responsabiliza y tiempo trabajado entre otros aspectos que aparecen en el anexo mencionado anteriormente. Esta solicitud se hace triplicada para que el almacén, el departamento de contabilidad y la persona que retira el recurso lleve también sus registros. Luego de cumplirse la orden se guarda en la carpeta que corresponde a esta actividad.

Mientras que por otra parte las órdenes que son planificadas se realizan de acuerdo al plan elaborado por el jefe de mantenimiento y distribuido para cada trabajador en específico, y se conoce que en esta área no existe documento alguno donde se registren los datos relacionados con las órdenes de trabajo, por lo que se pierde información sobre algunos aspectos que son importantes.

Nivel de informatización

El área de mantenimiento cuenta con un software llamado SGestMan, este se dedica a programar dichas actividades del local incluyéndolo todo menos los materiales. Los trabajadores reconocen la importancia de un sistema automatizado para el área de mantenimiento, por lo que dicho programa genera las órdenes de servicio permitiendo realizar programaciones del mismo de una manera más rápida y eficiente.

Programación del plan de mantenimiento

Respecto a este aspecto fue analizado que el Mantenimiento que posee reglamentado la Refinería “Sergio Soto” es el MPP, el cual se fundamentaba primeramente por el Manual

de Normas y Procedimientos aplicado según el Ministerio de Energía y Minas. Luego en el 2010 se actualizó el Manual de Mantenimiento, que constituye actualmente el sustento de toda gestión de mantenimiento de la entidad.

A pesar de ello se conoce que en la Refinería se aplica el mantenimiento correctivo, sin garantizar la total disponibilidad de los equipos, por lo cual en ocasiones han ocurrido paradas innecesarias.

Los datos expuestos fueron elaborados con previa planificación, basado en el estudio de las roturas y el tiempo de trabajo de las máquinas, así como las recomendaciones de los fabricantes en cuanto al tiempo de explotación de los equipos.

El equipo de expertos seleccionado pudo detectar además, que algunas de las fallas no programadas del mantenimiento están influenciando por los aspectos que se definen a continuación en el diagrama que se muestra en la figura 2.2.

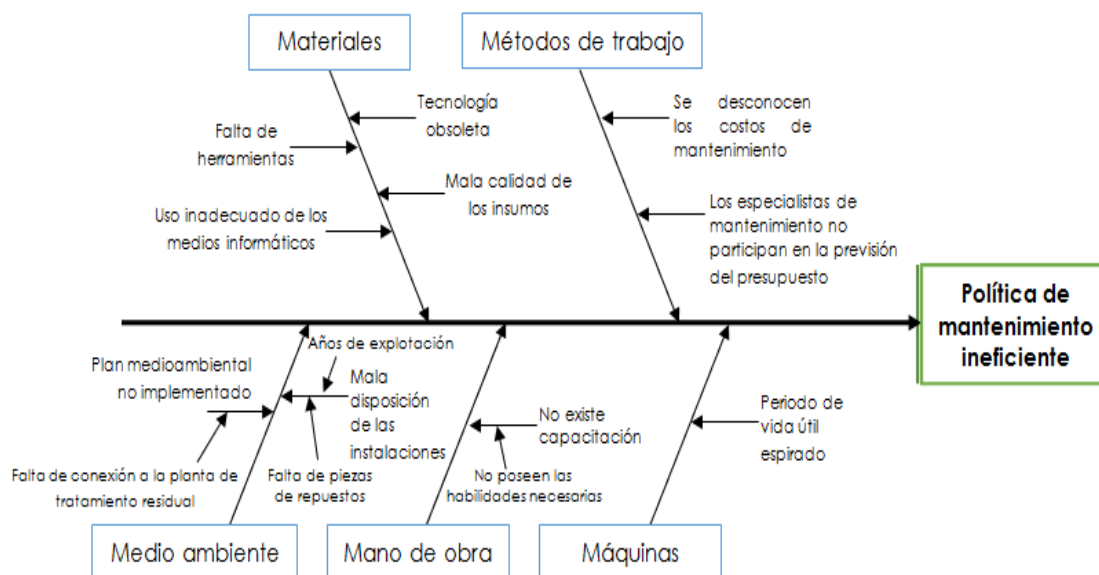


Figura 2.2. Diagrama Causa-efecto.

Teniendo en cuenta los problemas detectados por los expertos, referentes a cada elemento mencionado con anterioridad (las materias primas, la tecnología, medio ambiente, máquinas y los relacionados con el personal, es decir las 5M), y suponiendo que todos los problemas de dirección, calidad, logísticos etc. estuvieran resueltos el

sistema de mantenimiento que se posee actualmente no resuelve los problemas ya que, en principio, no es justificable pensar que una organización en su totalidad se rija por un único tipo de mantenimiento; puesto que cada equipo ocupa una posición y una función desigual en el proceso industrial, siendo así es posible definir a cada medio de trabajo características propias que, por ende lo hacen diferente del resto, incluso de otros similares. Es por ello que siguiendo estas cuestiones, la autora del estudio está de acuerdo con los planteamientos realizados por los diferentes autores analizados en el capítulo anterior, ya que considera que es errático concebir a todos los equipos de una organización con un mismo tipo de mantenimiento sin analizar la función que cumplen de manera independiente y con ello, los años de utilización de cada uno, los cuales también influyen en la forma de planificación del mantenimiento, entre otros aspectos de vital importancia que constituyen la razón por la cual es primordial la ejecución del presente estudio.

El estado técnico de los equipos

El estado técnico de los equipos se lleva a cabo a través de 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 (MINDUS, 2013)(ver anexo 4). Fue tomado un conjunto de equipos (muestra) por el grupo de expertos, los cuales consideraron la selección de los equipos pertenecientes al área de la UEB mantenimiento, que a su vez constituyen los equipos principales de apoyo a la producción, en los cuales se están estableciendo continuamente mejoras sustanciales para su continua labor, definidos de esta manera en la tabla siguiente:

Tabla 2.2: Situación actual del equipamiento

No	Equipo	No de Inventario	No de Serie	Modelo	Año de Fabricación	Año de instalación	País de Fabricación	Años de Explotación	Estado Técnico
									B R M
1	Compresor Betico	3724614	VS9SS0080HY041115	Betico SS -80	1996	1997	España	19	X
2	Compresor Atlas Copco	3722105	YA3-062456-50531846	ATLAS COPCO XAS 136DD FB AC LEG	2005	2006	Bélgica	10	X
3	Montacarga 1	3725727	100001	KOMATZU FD45T-7	2000	2003	Japón	13	X
4	Montacarga 2		303031	KOMATZU TD25T-17	2010	2010	Japón	6	X
5	Torno paralelo de cilindrar y roscar (No1)	3721415	5398	1K62	1972	1975	URSS	41	X
6	Torno paralelo de cilindrar y roscar (No2)	3721202	629739	1K62	1962	1968	URSS	48	X
7	Taladro Radial	3721137	11082	2H55	1972	1975	URSS	41	X
8	Taladro de Banco	3721322	10870	2M112T	1972	1978	URSS	38	X
9	Fresadora Universal	3721138	13292	6H81G	1972	1975	URSS	41	X

10	Segueta Mecánica	3721152	19274	872MT	1972	1975	URSS	41	X
11	Máquina de soldar Lincon (Generador DC)	3725139	1.96E+09	Lincon ElectricComander-400 K1422-1	1995	1998	Alemania	18	X
12	Máquina de soldar Miller (Generador DC)	37222060	LG020761	Miller Big Blue 600 X	2005	2007	Canadá	9	X
12	Máquina de soldar Miller (Generador DC)	37255771	LG020764	Milooler Big Blue 600 X	2005	2007	Canadá	9	X
12	Máquina de soldar Miller (Inversor DC)	3723008	LJ350252A	Miller XMT 456 CC/CV	2008	2008	USA	8	X
13	Grúa sobre KAMAZ								X

Fuente: Datos del departamento de la Refinería

Los equipos pertenecientes al área de mantenimiento, los cuales fueron evaluados de regular su estado técnico, que a su vez constituyen los equipos principales de la prestación del servicio al proceso productivo, en los cuales se están estableciendo continuamente mejoras sustanciales para su continua labor.

Los elementos anteriores permiten apreciar el estado en que se encuentran los equipos, su antigüedad y por ende los años que se han utilizado en la organización para el logro de sus producciones, constituyendo aspectos primordiales que no se pueden obviar, puesto que influyen en el proceso de selección del mantenimiento a aplicar en cada uno de los equipos de la entidad.

Etapas 2. Clasificación de equipos.

Después de realizar un estudio acerca de la idoneidad de estos criterios, para el caso de los equipos de la entidad, se decidió asumir la clasificación en tres grupos denominados como Clase “A”, Clase “B” y Clase “C”.

A modo de resumen, cada una de las variables tiene solo tres comportamientos posibles que corresponden a sus valores máximos, medios y mínimos. Como conceptos finales de clasificación del equipamiento se recomiendan los mostrados en la tabla 2.3, donde se observa que en el caso de aquellos equipos clasificados como clase “A” se debe llevar a cabo una política de mantenimiento que garantice una disponibilidad “impecable”, en el caso de los catalogados como clase “B” se debe garantizar que la tasa de fallos sea mínima, o sea, un nivel de disponibilidad “decoroso”, y para los equipos clase “C” no se debe tener preocupación por su nivel de disponibilidad pero si por su costo de reparación, buscando que se garanticen los estándares de calidad del mantenimiento que requiera que el mismo sea el más bajo posible.

Tabla 2.3. Conceptos de clasificación de los equipos

Clase de equipo	Concepto
A	Máxima disponibilidad
B	Fallo mínimo
C	Costo mínimo

Fuente: (Torres, 1997); (González Danger, 2002); (Pentón, 2005); (Christensen, 2006).

Clasificación de los fallos

Para la clasificación de los fallos se propone utilizar la propuesta realizada por (Torres, 1997) y (Pentón, 2005) basada en la periodicidad y facilidad de detección del fallo. Esta clasificación queda definida como sigue:

1. Periódicos de Fácil Detección (PFD)
2. Periódicos de Difícil Detección (PDD)
3. Aleatorios Poco Frecuentes (APF)
4. Aleatorios Muy Frecuentes (AMF)

Es necesaria la identificación de las fallas para poder enfrentar su análisis y sobre esta base solucionar los problemas. Las técnicas que se desarrollaron para identificar y analizar las fallas no solo se aplican en mantenimiento, son también de utilidad para los diversos aspectos donde se implementa el mejoramiento continuo de procesos, diseños y desarrollo de productos, control de inventarios, etc. Por la facilidad de uso y funcionamiento, las técnicas gráficas son más definidas. Normalmente el estudio de las fallas requiere de la identificación y análisis del problema. A continuación se desarrolla el método (Torres, 2005) a ser utilizado para tal fin.

Análisis de la prioridad de reparación

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida, es conveniente estudiar cada equipo por cada área con respecto al conjunto de áreas con que cuenta la empresa.

Este análisis conviene realizarlo según los siguientes factores (ver anexo 5), el resultado del mismo se puede observar en la tabla 2.4:

- Producción
- Calidad
- Mantenimiento
- Medio ambiente
- Consumo de energía eléctrica
- Seguridad.

Con la suma de las puntuaciones se establecen grupos de equipos, por ejemplo, los que superan los 25 puntos se clasifican como categoría A, entre 10 y 25 como categoría B y los que tienen menos de 10 puntos como categoría C. Esta ponderación será importante para diseñar el sistema de mantenimiento y la planificación, las prioridades en los mantenimientos preventivos y los stocks de repuesto. Todo esto lo realiza el grupo de trabajo seleccionado.

También se aprecia las clases establecidas correspondiente a cada equipo luego de realizar la sumatoria de sus ponderaciones, esto permite seleccionar el tipo de mantenimiento para cada clase, siempre y cuando cumplan con las condiciones, funciones y recursos con que se cuenten dentro de la organización, permitiendo de este modo mejorar las capacidades de las mismas y por ende la disponibilidad que se posea para trabajar con ellos, dando así solución a la problemática planteada en la investigación. Los mantenimientos para cada equipo se proponen en la tabla 2.5.

Para el caso de los equipos clase A, se consideró entre las posibilidades de mantenimiento preventivo basado en la condición y en el tiempo, debido a que en la organización no se cuentan con las condiciones necesarias, ni con los recursos, para efectuar el mantenimiento predictivo en la entidad, ya que estos son muy caros y demoran en mostrar sus resultados. Mientras que en el caso de los equipos de clase B no fue tomado en cuenta el tipo de mantenimiento correctivo debido a que todos los equipos analizados influyen directamente en la producción, razón por la cual se debe evitar establecer mantenimientos que provoquen paradas dentro del proceso, y no se obtuvieron equipos de clase C ya que ninguno obtuvo una puntuación inferior o igual a 10.

Tabla 2.4. Clasificación de los equipos por categoría del equipamiento.

Equipos	Tiempo de uso	Instalación Alternativa -duplicidad	Influencia con el resto de la planta	Importancia sobre la calidad del producto final	Influencia sobre el Mtto	Importancia sobre el Medio Ambiente	Consumo energético	Importancia sobre la seguridad	Total	Categoría
Torno	3	4	4	2	5	1	3	2	24	B
Taladro radial	3	4	4	4	3	2	1	2	23	B
Prensa hidráulica	1	4	2	2	3	1	1	1	15	B
Máquina de soldar Miller(combustión)	3	4	5	4	5	2	3	5	31	A
Compresor de maquinado	5	1	1	4	3	2	5	5	26	A
Fresadora	3	1	4	4	3	1	1	2	19	B
Sierra de carpintería	5	1	5	4	2	1	5	1	24	B
Concretera	1	1	1	1	2	1	3	1	11	B
Máquina de soldar (eléctrica)Infra	3	1	2	2	2	1	5	1	17	B
Máquina de mandrilar	5	4	5	4	2	1	1	1	23	B

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra la clasificación por falla.

Tabla 2.5. Clasificación de los fallos por equipo.

<i>Clasificación de los fallos</i>	
Equipo	
Torno	
Taladro radial	
Prensa Hidráulica	Periódicos de difícil detección
Compresor de maquinado	
Fresadora	
Máquina de mandrilar	
Sierra de carpintería	Periódicos de fácil detección
Concretera	
Máquina de soldar(eléctrica)INFRA	
Máquina de soldar Miller(combustión)	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la siguiente figura el 60 % del grupo de equipos analizados son de periódicos de difícil detección y el 40 % de periódicos de fácil detección.

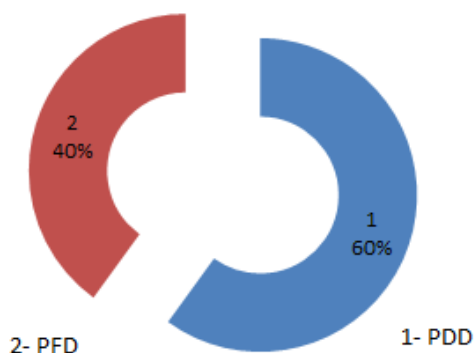


Figura 2.3. Comportamiento de la clasificación de los fallos.

Etapas 3. Establecimiento de la política de mantenimiento

A la hora de llevar a cabo la definición de las prioridades de las políticas de mantenimiento a desarrollar ante cada uno de los fallos clasificados en el procedimiento, diversos autores (Pentón, 2005); (Christensen, 2006) y (González-Quijano, 2004)

consideran que se deben tener en cuenta un grupo de consideraciones. En este caso, según criterios del autor, se deben considerar los elementos siguientes:

- Si el fallo es Periódico y de Fácil Detección es recomendable aplicar la variante de mantenimiento en el orden siguiente: Mantenimiento Preventivo basado en la condición, Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento de Mejora. En caso de que el equipo sea categoría “C” lo más provechoso, en primer orden, sería aplicar un Preventivo a Intervalos Constantes y luego trabajar contra avería y así se disminuye la utilización de los recursos.
- Si el fallo es Periódico y de Difícil Detección, lo más conveniente es Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, Mantenimiento Preventivo basado en la condición, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento de Mejora, en ese orden. En el caso de que sea un equipo clase “C” se recomienda solamente aplicar un Mantenimiento Contra Averías y no considerar el Mantenimiento Preventivo basado en la condición en los equipos clase “B”. Dado que no se recomienda como estrategia factible el Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición debido al alto costo de detección del fallo, una estrategia a tener en cuenta, además de la del Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, puede ser el Mantenimiento de Mejora con el objetivo de hacer cambios en el diseño del equipo que lo lleven a recuperar sus condiciones iniciales.
- Cuando el fallo es Aleatorio conviene aplicar las políticas de mantenimiento en el orden siguiente: Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición (en este caso el gasto es muy elevado y sólo es recomendable en el caso donde es necesario una alta disponibilidad) y luego Mantenimiento de Mejora. En los casos clasificados como clase “C” se aplicaría el Mantenimiento Correctivo como única opción.
- En el caso de los equipos categorizados como clase “A”, como se detalló anteriormente, nunca se emplearía el Mantenimiento Correctivo, para ningún tipo de fallo, debido a las consecuencias catastróficas que podrían producirse ante un fallo.

Tabla 2.6. Variantes de mantenimiento propuestas

Variante de mantenimiento		<i>Clasificación de los fallos</i>
Categoría	Equipo	Periódicos de difícil detección
B	Torno	Mantenimiento preventivo basado en la condición
B	Taladro radial	Mantenimiento preventivo basado en el tiempo
B	Prensa Hidráulica	Mantenimiento preventivo basado en la condición
A	Compresor de maquinado	Mantenimiento preventivo basado en la condición
B	Fresadora	Mantenimiento preventivo basado en la condición
B	Máquina de mandrilar	Mantenimiento preventivo basado en la condición
		Periódicos de fácil detección
B	Sierra de carpintería	Mantenimiento preventivo basado en la condición
B	Concretera	Mantenimiento preventivo basado en la condición
B	Máquina de soldar(eléctrica)INFRA	Mantenimiento preventivo basado en la condición
A	Máquina de soldar Miller(combustión)	Mantenimiento preventivo basado en el tiempo

Fuente: Elaboración propia

Cuando se realizó la planificación de los mantenimientos en base al tiempo de utilización, fue en aquellos equipos de los cuales se necesitaba una alta disponibilidad, y a su vez se poseía amplio conocimiento de la vida útil de los recursos o medios en los que se efectúa el mantenimiento, por otra parte los efectuados en base a la condición eran en aquellos equipos que se planifican en función del estado técnico y el lugar en que se localizan, es decir si los mismos se exponen a corrosión, o a químicos que afecten su estructura, y por otra parte de ellos no se posee información certera por su productor relacionados a la vida útil del equipamiento.

Una vez determinado los tipos de mantenimiento a aplicar a cada uno de la muestra de equipos seleccionado en la entidad objeto de estudio práctico se arribó a las siguientes conclusiones parciales del capítulo.

2.4. Conclusiones parciales

1. En la Refinería de Petróleo “Sergio Soto Valdés” de Cabaiguán se manifiestan problemas con la actividad de mantenimiento, por lo que no se tiene registro alguno sobre las fallas imprevistas de los equipos más importantes del proceso de producción, tanto así que se pierde información que podría ser de gran interés; esto trae consigo que no se produzca un buen control sobre el equipamiento.
2. El mantenimiento establecido está regido por el manual del Ministerio de Energía y Minas, el mismo no se emplea correctamente, sino que posee un mantenimiento correctivo, que no manifiesta las particularidades de cada equipo, y por otra parte no dispone de políticas de mantenimiento definidas a aplicar.
3. Mediante la clasificación de los fallos se obtuvo la variante de mantenimiento más adecuada a cada equipo, el cual se logró a partir de las variables que definen el entorno en que se desenvuelven cada uno de ellos.

Conclusiones generales.

1. En la bibliografía estudiada la mayoría de los autores referidos consideran evidente que, a nivel empresarial, no se debe decidir por un solo sistema de mantenimiento, sino que deben aplicarse varios de ellos, utilizando para esto criterios de clasificación generalmente a nivel de máquina.
2. El análisis de la situación problemática que fundamenta la presente investigación motivó la necesidad de desarrollar un procedimiento general para la toma de decisiones respecto a la política de mantenimiento más adecuada para cada equipo en función del entorno productivo en que se desenvuelve.
3. El procedimiento seleccionado permite la determinación de las diferentes variantes de la política de mantenimiento para cada equipo, basada en el ordenamiento por grupos críticos de éstos y la clasificación de sus fallos.
4. Al aplicarse el procedimiento se pudo evidenciar que en la Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán la mayoría de los equipos se clasifican como clase B y no existe ningún equipo de clase C.

Recomendaciones.

1. Presentar la propuesta, resultado de esta investigación, a la Dirección de Mantenimiento de la Refinería “Sergio Soto” de Cabaiguán con el objetivo de lograr su aprobación.
2. Aplicar, por parte de la dirección de la empresa, el procedimiento para todos los equipos de dicha entidad.
3. Realizar la capacitación para el personal de mantenimiento, con vistas a su entrenamiento en el nuevo sistema, para contribuir a la obtención de mejores resultados en su desempeño profesional.

Bibliografía.

- ACOSTA PALMER, H. R. 2012. Auditoría y evaluación de la gestión de la calidad en el mantenimiento. La Habana, Cuba: EIM, ISPJAE.
- AGUILERA MARTÍNEZ, A. F. 2001. *Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana*. Tesis Doctoral, UCLV.
- ALFONSO LLANES, A. E. A. 2007. "Metodología para la selección del tipo de mantenimiento. Especificaciones para empresas de producción continua".
- ALFONSO LLANES, A. 2008c. "Propuesta de procedimiento para determinar la política de mantenimiento a partir de análisis de criticidad del equipamiento productivo de los centrales azucareros." *Revista Centro Azúcar*
- ALFONSO LLANES, A. 2009. *Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento*.
- . Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas., UCLV.
- ALKAIM, J. L. 2003. *Metodología para incorporar conhecimento intensivo as tarefas de Manutencao Centrada na Confiabilidade aplicada emativos de sistemas eléctricos*.
- . Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería de producción., Universidad Federal de Santa Catarina.
- ALSYOUF, I. 2004. *"Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages"*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Filosofía, Universidad de Vaxjo.
- AMÉNDOLA, L. 2002. "Modelos Mixtos de Confiabilidad". Available: <http://datastream.net/latinamérica/libroaméndola/default.asp?lang=esp>.
- BATISTA RODRÍGUEZ, C. 2000a. *"Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos"*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas., Universidad de Holguín. Cuba.
- BATISTA RODRÍGUEZ, C. 2000b. *Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos"*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
- CHRISTENSEN, C. 2006. "Criticidad de equipos". Available: www.clubdemantenimiento.com.ar.
- CORRETGER RAUET, M. 1996. Auditoría y autoevaluación del mantenimiento. *Revista Mantenimiento*. España.
- DA SILVA NETO, J. C. Y. G. D. L., A. M. 2002. Implantação do Controle de Manutenção. *Revista Club de Manutenimento. No. 10, Septiembre, 2002*.
- DE FREITAS CORDEIRO, L. A. 2005. *"Ferramenta de seleção de fornecedores e formação de rede de fornecimento – aplicação na área de itens estampados"*. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción., Universidad Federal de Santa Catarina.
- DE LA PAZ MARTÍNEZ, E. M. 1996. *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma"*. Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas., UCLV.
- DOS SANTOS MENDES, A. L. 2002. *"Gestão do valor nas operações de manutenção"*. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción, Universidad Federal de Santa Catarina.

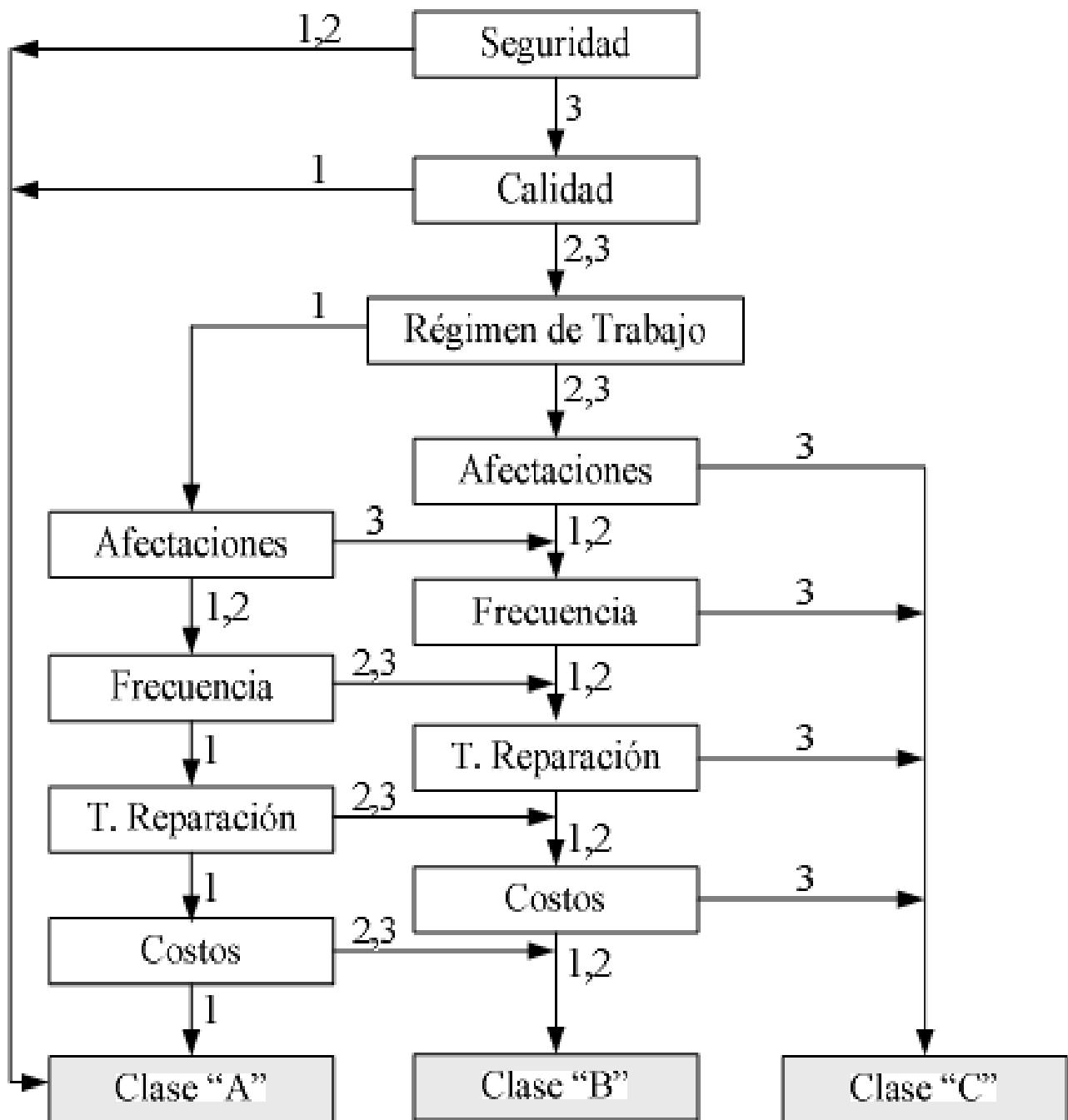
- DURÁN, J. B. 2000. "Nuevas tendencias del mantenimiento industrial". *The Woodhouse Partnership Limited* [Online]. Available: http://www.cides.cl/junio/duran_nuevas.htm.
- ELLMANN, E. P. 2001. "Nuevas Estrategias de Mantenimiento". *Revista de Ingeniería de Planta* [Online]. Available: http://www.servic.cl/art_rm/rev.html/rev36.html/rev36_art3/rev36_art3.html.
- ESPINOSA MARTÍNEZ, J. D. L. P. M., E; Y ESPINOSA PEDRAJA, R. 2006. "Desarrollo de un Sistema Integral de Mantenimiento en la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos de la UCLV". Ponencia presentada en el V Congreso Cubano de Mantenimiento. III CIMEI., UCLV.
- FABRO, E. 2003. *Modelo para planejamento de manutén Cao baseadoem indicadores de criticidade de processo*. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción., Universidad Federal de Santa Catarina. .
- FERNÁNDEZ, H. D. M. 2003. Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método delphy. *metodología y epistemología*.
- FERNÁNDEZ, J. M. Y. R. P. 1983. *Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado*. , Ciudad de La Habana, Cuba.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, A. J. E. A. 2003. "Optimización del mantenimiento. Implantación de la metodología RCM en máximo". *Ingeniería y Gestión de Mantenimiento*.
- FORSLUND, H. 2006. "Supplier Selection – A Study of the Supplier Selection Process within the Sporting Goods Manufacturing Industry". Tesis en opción al grado académico de Master en Administración Logística, Universidad de Vaxjo. .
- GARCÍA-AHUMADA, F. 2001. Función del mantenimiento y las nuevas tecnologías. *Revista Mantenimiento, No. 141, enero/febrero 2003*. España.
- GARCÍA GARRIDO, S. 2003. *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. , Madrid, España.
- GARCÍA PALENCIA, O. 2003. "Modelo Mixto de Confiabilidad Basado en Estadística para la optimización del mantenimiento industrial". *ScienceDirect*. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/jlp
- GONZÁLEZ-QUIJANO, J. G. 2004. *Mejora en la confiabilidad operacional de las Plantas de Generación de Energía Eléctrica: Desarrollo de una metodología de Gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)*. Ingeniero Título Académico de Máster en Gestión Técnica y Económica en el Sector Eléctrico., Universidad Pontificia Comillas. .
- GONZÁLEZ DANGER, A. Y. H. P., L. 2002. Metodología para seleccionar sistemas de mantenimiento". *Revista Club de Mantenimiento* [Online]. Available: <http://www.datastream.net/latinoamerica/mm/articulos/club.asp>.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, F. J. 2007. *Contratación avanzada del mantenimiento*., España.
- GONZÁLEZ ROCHA, A. M. Y. M. B., 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.
- GUTIÉRREZ, A. M. 2012. "Mantenimiento Industrial Efectivo", Medellín.Colombia.
- HURTADO DE MENDOZA, R. 2001. "El Análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional". *Revista de Mantenimiento* [Online]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/textos/art-6analisis.htm>.
- KNEZEVIC, J. 1996. *Mantenimiento*, Publicaciones de Ingeniería de Sistemas.

- LATINO, M. 1999. "RCFA + RCM = Formula for Successful Maintenance". *Plant Engineering Magazine* [Online]. Available: <http://www.reliability.com/articles/article31.htm>.
- LODOLA, E. 2006. *Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators*. Tesis de Maestría, Universidad de Pisa.
- LÓPEZ GARCÍA, J. 2013. *Gestión del Mantenimiento eficiente: Las cinco generaciones del Mantenimiento*. Available: http://www.google scholar.com/articles/las_cinco_generaciones_del_mantenimiento.html.
- MARÍN, C. 1994. "Selección de criterios de mantenimiento". *Revista de Mantenimiento*. [Online]. Available: <http://www.mantencion.com/articulos.html>.
- MARTÍNEZ, E. 2010. *Propuesta de procedimiento para la selección del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químico*. UCLV.
- MINDUS 2013. *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*.
- MOLINA, J. 2006. "Mantenimiento y seguridad industrial". Available: www.monografias.com/trabajos15/mantenimientoindustrial/mantenimientoindustrial.shtml.
- MOUBRAY, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.
- NAKAJIMA, S. 1991. *Programa de desarrollo del TPM. Implantación del Mantenimiento Productivo Total*, España.
- NAVARRETE PÉREZ, E. G. M., J. R. 1986. *Mantenimiento Industrial*. Ciudad de la Habana: ISPJAE.
- P.R, T. L. A. C. M. Y. P. 2005a. "Manutencao Centrada no Negocio". *Novo Polo Publicacoes*. Brazil.
- P.R, T. L. A. C. M. Y. P. 2005b. "Manutencao Centrada no Negocio". *Novo Polo Publicacoes*. Brazil.
- PENTÓN, Y. B. 2005. *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara*. M.Sc.Ing Doctora en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- PÉREZ JARAMILLO, C. M. 2003. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC). Aplicación e impacto*. Ponencia presentada en el 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento.
- PORTUONDO PICHARDO, F. 1989. "Sistema alterno de mantenimiento". *Revista Ingeniería Industrial*. Cuba.
- PORTUONDO PICHARDO, F. 1990. *Economía de Empresas Industriales*. , Ciudad de la Habana. Cuba.
- RODRÍGUEZ MACHADO, B. P. Y. A. L. 2012. *Manual de Gestión de Mantenimiento*., UCLV.
- SABINA, R. C. 2012. *El mantenimiento en la Industrial. Su importancia*. .
- SAEJA1012 2002. Norma SAE JA1012: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
- SONDALINI, M. 2002. "Win Production and manufacturing over to doing better maintenance with this new equipment criticality rating method that uses the real costs of production loss". *Lifetime Reliability Solutions*. [Online]. Available: <http://www.lifetime-reliability.com/>
- SOTUYO BLANCO, S. 2001. *Optimización Integral de Mantenimiento (OIM)*. *Ellmann, Sueiro y Asociados*. [Online]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/oim.asp>.

- STEFANO, L. A. 2006. *Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators*. Tesis de Especialista, Universidad de Pisa.
- TABOADA RODRÍGUEZ, C. E. A. 1990. *Organización y Planificación de la producción*.
- TORRES, J. 1997. El mantenimiento centrado en la confiabilidad y el capítulo cuatro del manual directriz: una propuesta para la realización de tareas y reducción de costos de mantenimiento.
- TORRES, L. D. 2005. *Mantenimiento. Su Implementación y Gestión*. , Córdoba. Argentina.
- YAÑEZ MEDINA, M. G. D. L. V., H. Y VALBUENA CHOURIO, G. 2004. Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo". *Reliability and Risk Management*, S. A. Mexico.
- ZHU, G. Y. P., L. 2000. "Integrated Production Maintenance Management (IPMM) as an Enterprise Approach to Maintenance Management". Universidad Católica de Leuven.

Anexos

Anexo 1: Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipamiento.
Fuente: (Torres, 1997)



Anexo 2: Método de expertos [fuente:(Fernández, 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 expert	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 2. Continuación

Fuentes de argumentación o fundamentación		Escala por niveles		
Nº		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:

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

Dónde:

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. [$K_a = \sum n$]

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 2. Continuación

Fuentes de argumentación o fundamentación Nº		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 2. 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	Lester Alain . Alemá Hurtado	Director general	28
2	Aidelyn Acosta Izquierdo	Especialista en Gestión Económica	7
3	Rigoberto Benavides Zaila	Director UEB Producción.	11
4	Gilberto Bada Calle.	Director UEB Comercial	15
5	Abdel Carrazana Nápoles	Especialista en Mantenimiento Industria	20
6	Reidery Acosta Alegría	Técnico en Mantenimiento Industrial	30
7	Edilio Jiménez Pérez	Mecánico de Mantenimiento Industrial Automotor	10
8	Reinaldo Angel Díaz Aguila	Ayudante	2
9	Felix Berto Macias Cañizarez	Pañolero	10
10	Yasser Yera Toste	Mecánico de taller	6
11	Juan Carlos	Electricista	25

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

[illegible]

Anexo 2. Continuación...

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

Director General

Fuentes de argumentación o fundamentación		Escala por niveles		
Nº		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		

Especialista en Gestión Económica

Fuentes de argumentación o fundamentación		Escala por niveles		
Nº		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 2. Continuación...

Director UEB Producción

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	

Director UEB Comercial

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 2. Continuación...

Especialista en Mantenimiento Industrial

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	

Técnico en Mantenimiento Industrial

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 2. Continuación

Mecánico de Mantenimiento Industrial y Automotor

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	

Ayudante

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 2. Continuación

Pañolero

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 de taller

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 2. Continuación

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		

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

Nº	Coeficiente de conocimiento	de	Coeficiente de argumentación	de	Coeficiente de competencia	de	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 2. 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

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 2. Continuación

Nº	Nombre	Ocupación	Años de experiencia
1	Lester Alain. Alemán Hurtado	Director general	28
2	Aidelyn Acosta Izquierdo	Especialista en Gestión Económica	7
3	Rigoberto Benavides Zaila	Director UEB Producción.	11
4	Gilberto Bada Calle.	Director UEB Comercial	15
5	Edilio Jiménez Pérez	Mecánico de Mantenimiento Industrial y Automotor	10
6	Felix Berto Macias Cañizarez	Pañolero	10
7	Yasser Yera Toste	Mecánico de taller	6
8	Juan Carlos	Electricista	25

[illegible]

Anexo 4. Guía para determinar el estado técnico del equipamiento. Fuente:(MINDUS, 2013)

Equipos Instalados Cantidad a Evaluar

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 conformarán la muestra, se seleccionan sobre la base de 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 conocimiento, 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.

MINDUS	Empresa: Refinería Sergio Soto	D	M	A	
		15	3	17	
Resumen de la evaluación del estado Técnico		Evaluación			
No	Grupos	B.T.	P.O.	%	
M 1	Estado técnico mecánico	25	25	100	
M 2	Estado técnico eléctrico	25	25	100	
M 3	Estado técnico de las instalaciones civiles y condiciones socio ambientales	20	20	100	
M 4	Lubricación	20	20	100	
M 5	Organización y limpieza	10	10	100	
TOTAL		100	100	100	
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

Determinación del estado técnico de los principales equipos

- Estado técnico 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.

MINDUS		Empresa: Refinería Sergio Soto			D	M	A	M 1
					14	3	17	
ESTADO TÉCNICO MECÁNICO						Evaluación		
No	Máquinas y Equipos seleccionadas					B. T.		P. O
1	Torno					25		20
2	Taladro radial					25		20
3	Prensa Hidraulica					25		20
4	Máquina de soldar Miller(combustión)					25		25
5	Compresor de maquinado					25		10
6	Fresadora					25		22
7	Sierra de carpintería					25		25
8	Concretera					25		18
9	Máquina de soldar(eléctrica)INFRA					25		24
10	Máquina de mandrilar					25		23
Totales						250		207
Valor promedio de las evaluaciones						25		20.7

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.

MINDUS		Empresa: Refinería Sergio Soto	D	M	A	M 2
			14	3	17	
ESTADO TÉCNICO ELÉCTRICO						Evaluación
No	Máquinas y Equipos seleccionadas					B. T. P. O
1	Torno					25 23
2	Taladro radial					25 14
3	Prensa Hidraulica					25 -
4	Máquina de soldar Miller(combustión)					25 24
5	Compresor de maquinado					25 24
6	Fresadora					25 25
7	Sierra de carpintería					25 24
8	Concretera					25 19
9	Máquina de soldar(eléctrica)INFRA					25 25
10	Máquina de mandrilar					25 22
Totales			250			200
Valor Promedio de las evaluaciones			25			20

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).

MINDUS	Empresa: Refinería Sergio Soto	D	M	A	M 3
		14	3	17	
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		2	
3	Estado técnico de las paredes, estructuras de las naves (metálicas, hormigón, etc.)	2		2	
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		2	
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		1	
10	Estado técnico de Bebederos, cajas de agua, frízer y cámaras de frío	2		2	
TOTAL		20		16	

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.

MINDUS	Refineria Sergio Soto	D	M	A	M 4
		14	3	17	
LUBRICACION					
No	Evaluación de los aspectos siguientes:			B.T.	P.O.
1	Existe el estudio de lubricación actualizado			4	3
2	Se controla la ejecución de la lubricación mediante tarjetas.			4	4
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	2
5	Existen los medios o utensilios mínimos para lubricar con calidad.			3	1
6	El almacén de lubricantes reúne las condiciones mínimas de seguridad			2	2
TOTAL				20	16

- ORGANIZACIÓN Y LIMPIEZA**

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

MINDUS	Refineria Sergio Soto	D	M	A	M 5	
		14	3	17		
ORGANIZACIÓN Y LIMPIEZA						
No	Evaluación de los Aspectos siguientes				B. T	P. O
1	Cómo es la organización y limpieza de las máquinas, equipos e instalaciones tecnológicas				5	3
2	Organización y limpieza de la fábrica				5	4
TOTAL					10	7

Anexo 4. Continuación

MINDUS	Empresa: Refinería Sergio Soto	D	M	A	
		14	3	17	
Resumen de la evaluación del estado técnico					
		Evaluación			
No	Grupos	B.T.	P.O	%	
M1	Estado técnico mecánico	25	20.7	82.7	
M2	Estado técnico eléctrico	25	20	80	
M3	Estado técnico de las instalaciones civiles y condiciones socio Ambientales	20	16	80	
M4	Lubricación	20	16	80	
M5	Organización y limpieza	10	7	70	
	Total	100	79.7	79.7	
	Observaciones: El resumen del estado técnico correspondiente a las instalaciones industriales puede categorizarse como <u>Regular</u>				

Fuente:(MINDUS, 2013)

Anexo 5. Análisis de la prioridad de reparación (Torres, 2005)

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida, es conveniente estudiar cada equipo por cada área con respecto al conjunto de áreas con que cuenta la empresa.

Este análisis conviene realizarlo según los siguientes factores:

- Producción
- Calidad
- Mantenimiento
- Medio ambiente
- Consumo de energía eléctrica
- Seguridad.

Influencia sobre Producción

- Porcentaje de tiempo de utilización del equipo
- Equipo duplicado o posibilidad de recuperar la producción con otro equipo
- Influencia sobre los otros elementos productivos

Para ponderar la importancia se presentan las tablas que serán realizadas a cada área en particular.

Porcentaje de uso

Pond	% uso
5	> 80%
3	Entre 50% y 80%
1	< 50%

Anexo 5. Continuación

Instalación alternativa

Pond	Alternatividad
4	Equipos duplicados
2	Recurso externo
1	Sin posibilidad

Influencia con el resto de la planta

Pond.	Influencia
5	Sobre toda la planta
4	Importante
2	Relativa
1	Solo el equipo

Importancia sobre la calidad

- Pérdidas por no cumplir requisitos de calidad.
- Influencia del equipo en la calidad final del producto.

Para ponderar la importancia sobre la calidad se muestra una tabla para cada área.

Importancia de la calidad sobre el producto final.

Pond.	Importancia
4	Decisiva
2	Relativa dentro de la tolerancia
1	Nula

Anexo 5. Continuación

Influencia sobre el mantenimiento

- Frecuencia o costo de las averías.
- Número de horas paradas por mes.
- Grado de especialización del equipo y personal para atenderlo.

Importancia sobre el costo de mantenimiento.

Esos valores dependerán del tipo de equipo del área.

Número de horas de parada por avería

Pond.	Horas paradas
5	>3 horas
2	1-3 horas
1	< 1 hora

Especialización del equipo

Pond	Especialización
5	< 2
3	2 – 3
1	> 3

Según medio ambiente

- Influencia importante.
- Influencia relativa.

Importancia sobre el medio ambiente

Pond	Importancia
5	Grave
2	Relativa
1	Nula

Según el consumo de energía eléctrica

- Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
- Elimina paros y puestas en marcha continuos.
- Controla el rendimiento de los equipos.

Importancia sobre el consumo de energía eléctrica

Pond	Importancia
5	Altos
3	Medio
1	Bajo

Según la seguridad:

- Riesgo de las personas.
- Riesgo de los equipos.

Importancia sobre la seguridad

Pond	Importancia
5	Riesgo del operario
2	Riesgo del equipo
1	Relativo