

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO		
Nº DE RADICACIÓN: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
Ejecutor 1		
Nombre (s):	Fernando	
Apellido (s):	Ardila Pinilla	
Código:	20131375084	
E-mail:	ferard84@gmail.com	
Teléfono fijo:	4061493	
Celular:	3202263302	
Ejecutor 2		
Nombre (s):		
Apellido (s):		
Código:		
E-mail:		
Teléfono fijo:		
Celular:		
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	Programa de mantenimiento para sistemas de acondicionamiento de aire de expansión directa	
Duración (estimada):	6 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:		
Línea de Investigación de la Facultad*:	Optimización de procesos industriales	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Materiales y procesos de manufactura	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Mantenimiento	
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)		
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)		
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 ESTADO DEL ARTE.....	5
1.2 JUSTIFICACION.....	6
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 GENERAL.....	5
2.2 ESPECIFICOS.....	6
3. MARCO TEORICO	4
4. METODOLOGIA	4
5. CRONOGRAMA	4
6. PRESUPUESTO Y FUENTE DE FINANCIACION.....	4
7. BIBLIOGRAFIA.....	4

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Cronograma.	31
Tabla 2 Costo de recursos humanos.	32
Tabla 3 Costo recursos de hardware.	33
Tabla 4 Costo recursos de software.	33
Tabla 5 Costo insumos, fungibles y gasto	34
Tabla 6 Resumen del costo general del proyecto	35

INTRODUCCIÓN

En el mercado de servicios, ya no basta con ofrecer un buen servicio en sí, o productos de muy buena calidad porque es lo mínimo que los clientes esperan. Las compañías día a día se van convirtiendo en consumidores más exigentes, llevando esto a que las empresas contratistas estén en una mejora continua, buscando herramientas técnicas y administrativas que les ayuden a alcanzar sus objetivos de productividad; una de estas es el mantenimiento productivo total TPM (por sus siglas en inglés), la cual ayuda a mejorar la fiabilidad de sus productos, la optimización de costos, eliminación de pérdidas y desperdicios, disminuir accidentes, disminuir averías, enfocándose más en las personas que en las máquinas, ya que son ellas los instrumentos más valiosos para conseguir dichas metas.

El mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado y refrigeración es la actividad responsable de cerca del 85% de las emisiones de sustancias agotadoras del ozono SAO, por tal razón, es de vital importancia que estas actividades se realicen de manera óptima y responsable.

Por tal razón, un programa de mantenimiento específico en sistemas de acondicionamiento de aire de expansión directa traerá como consecuencia un mayor control en los procesos, reducción de los correctivos en al menos un 50% y, obviamente, una mayor rentabilidad, además un significativo ahorro en gastos de energía eléctrica para el cliente, y un menor impacto ambiental teniendo en cuenta que el consumo eléctrico total aproximado de estos 2014 equipos sería de 7000KW/h, ya que por cada 1TR hay un consumo 1.1 KW/h.

Un efectivo mantenimiento mejora las condiciones generales del acondicionador de aire particularmente en los intercambiadores de calor, lo que genera un menor trabajo del compresor debido a la reducción de las presiones de descarga, y menor desgaste de todo el equipo, llegando a ahorrar hasta un 20% de la energía total, lo que equivaldría a 1400KW/h.

Sin dejar a un lado los procesos económico-administrativos, un sistema de mantenimiento eficiente traerá grandes beneficios a estos procesos debido a que se disminuyen los servicios de emergencias técnicas y correctivos imprevistos, lo

cual genera un menor costo en mantenimiento y una mayor durabilidad en el ciclo de vida de los equipos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad cada empresa que presta servicios técnicos de mantenimiento de equipos de aire acondicionado cuenta con un plan de mantenimiento para realizar las labores propias del oficio; sin embargo, estas actividades son ejecutadas de igual forma y de manera repetitiva para cualquier tipo de sistema sin tener en cuenta las condiciones técnicas, de seguridad física y ambiental que cada instalación tiene.

En RPH¹ INGENIERIA Y CONSTRUCCION LTDA., empresa certificada en las normas ISO 9001, ISO 1400 y OSHAS y con una trayectoria de más de 15 años en la industria de la refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire, se realizó un estudio para determinar las causas de los principales reproceso en el departamento de mantenimiento, encontrando que del mantenimiento preventivo realizado a 100 equipos se debe repetir en 23, y que del mantenimiento correctivo realizado a los mismos 100 equipos como cambio de compresores y componentes eléctricos como contactores, capacitores y tarjetas electrónicas se debe repetir en por lo menos 35 equipos.

Aunque en RPH existe un plan de mantenimiento apoyado en un software de administración de mantenimiento moderno SAMM. Este es muy general y no resulta efectivo, lo cual genera sobre costos en todos los procesos tanto técnicos, como de mano de obra y desperdicio en materiales como, también, administrativos de transporte, almacenaje y de personal logístico.

A mayo de 2014 la empresa realiza mantenimiento a 2104 equipos de aire acondicionado de manera permanente, que resultan en 6312 toneladas de refrigeración (TR) aproximadamente, de los cuales se estima que el 83% son sistemas de expansión directa (es decir que el intercambio de calor se realiza directamente entre el serpentín y el medio a acondicionar que generalmente es aire) y el restante se encuentra en equipos de expansión indirecta como chillers² y otros equipos como ventiladores de suministro o extracción de aire y sistemas de enfriamiento evaporativo como lavadores de aire típicos de los Call centers.

¹ Rodrigo Pinzón Hernández, fundador y gerente actual de la compañía, presidente de la asociación colombiana de la refrigeración y el aire acondicionado ACAIRE.

² Sistemas de acondicionamiento de expansión indirecta, agua helada

En este mismo mes se registraron un total de emergencias técnicas en 126 equipos, lo que equivale a aproximadamente un 20% del total de los sistemas; esto ocurrió principalmente por un mal procedimiento de mantenimiento preventivo en 950 equipos (15%), y, por un mal procedimiento técnico a la hora de hacer una corrección de falla se presentó en 315 equipos (5%).

Finalmente, este acierto en el programa de mantenimiento proporcionará un servicio de calidad para los clientes, generando en la compañía mayor confianza y un crecimiento económico a mediano plazo.

1.1 ESTADO DEL ARTE

La búsqueda y recolección de información para el desarrollo del proyecto se realizó a través de las bases de datos del repositorio de la Universidad Nacional de Colombia, Escuela Colombiana de Carreras Industriales, entre otros. En dichas bases de datos se recopilan artículos especializados y son fuentes de ayuda para la investigación; aprovechando esta centralización de información especializada se logró compilar una serie de artículos y manuales que se relacionan en la gran mayoría de sus contenidos con el enfoque principal del actual proyecto de mantenimiento.

Contexto internacional

1.11 Vibraciones mecánicas y su aplicación al mantenimiento predictivo. En el año 2000, los Ingenieros Margarita Piedra Díaz y Raúl Armas Cardona, estudiantes de la Universidad Central de Venezuela, plantearon la importancia de la aplicación de las vibraciones mecánicas para la detección prematura de fallas en equipos. Se concluyó, de parte de los autores, que habían grandes ventajas técnicas y económicas en la aplicación del procedimiento por vibraciones mecánicas, ya que hay una detección precoz e identificación de defectos sin necesidad de parar ni desmontar la máquina, seguir la evolución del defecto en el transcurso del tiempo hasta que éste se convierta en un peligro, se realiza una programación con suficiente tiempo, del suministro del repuesto y la mano de obra para acometer la reparación particular, se hace la programación de la parada para corrección dentro de un tiempo muerto o parada rutinaria del proceso productivo, existe una reducción del tiempo de reparación (depende del tipo sistema-máquina, uso y mantenibilidad de los sistemas), ya que se tienen perfectamente identificados los elementos desgastados, averiados o, en general, posibles fallas, también hay una reducción de costos e incremento de la producción por disminución del número de paradas y tiempos muertos, además permite una selección satisfactoria de las condiciones de operación de la máquina y el funcionamiento es más seguro en la planta.

1.12 Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE. En el año 2010, Randall Rojas Barahona, estudiante de maestría en administración de proyectos de la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI) de San José, Costa Rica propone un plan de mantenimiento RCM para que optimice el mantenimiento de los equipos de la planta y mejorar la confiabilidad de los equipos y minimizar las

paradas imprevistas que puedan provocar costos adicionales a las obras. Se concluyó que se deben realizar auditorías para controlar los procesos de mantenimiento por lo menos cada tres meses, es necesario realizar capacitación permanente al personal que trabaje en la planta, y se debe contar con una oficina constituida por profesionales en administración de proyectos para que planifique, ejecute y haga control en los procesos.

1.12 Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la zona vial Nro. 13 Dirección general de caminos ubicada en el Quiche. En el año 2002, el ingeniero Héctor Citalan Morales de la Universidad Francisco Marroquín de la ciudad de Guatemala, propuso un plan de mantenimiento para maquinaria pesada, en su proyecto concluyó que dentro de las funciones del departamento de mantenimiento está la de conservar el equipo en buena condición de operación, al menor costo unitario, que Es necesario contar con áreas debidamente localizadas, que contengan una buena accesibilidad para realizar, de una manera eficaz, los trabajos de reparaciones, mantenimiento, lubricación, inspección, así como personal con la cantidad de herramienta, equipo e instrumentos, y maquinaria auxiliar necesaria para la ejecución de dichos trabajos, que es fundamental establecer un programa de entrenamiento para personal para la correcta ejecución de la labor, así como de operación de las máquinas y todos los equipos, la lubricación también es un factor importante para la conservación de cualquier equipo o maquinaria, y que, una buena operación de la maquinaria, arranque, funcionamiento y parada del motor, alargan la vida real de las mismas, por lo que debe ser prioridad un adiestramiento continuo de las personas encargadas de dicha labor.

1.14 Implementación de una estrategia de mantenimiento basada en el negocio, para la empresa manufacturera de detergentes Procter&Gamble Industrial de Venezuela S.A. “En el año 2008, el ingeniero Daniel Antonio Rivera Herrera de la Universidad de los Andes de Venezuela, concluyó que el mejoramiento de la confiabilidad de la planta de líquidos representó el objetivo fundamental del trabajo de investigación; dicho mejoramiento se enfocó al equipo de mayor criticidad dentro de la planta donde se logró obtener una reducción de más del 50% de la ocurrencia de averías, siendo ésta una de las metas más importantes propuestas al inicio. Dicha reducción en la ocurrencia de averías, se traduce en un mejoramiento en la disponibilidad de la línea, donde se destaca una ganancia de 20% en los puntos de disponibilidad lo cual conjuntamente con la reducción de averías, ha permitido al pilar de mantenimiento planeado incrementar la ejecución

de actividades de mantenimiento planificadas, alcanzándose un aumento de más del 15% en el cumplimiento del mantenimiento”³ .

1.14 Propuesta de la organización del taller de mantenimiento y de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y vehículos de la zona Nro. 3 de caminos Escuintla. “En 2004, el ingeniero David Morales Russi de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentó la propuesta donde se definen las funciones y responsabilidades para las distintas áreas del taller de mantenimiento, plantea la codificación para los diferentes puestos de trabajo y se establecen normas y procedimientos para que los trabajadores puedan responder de forma eficiente, desde que se realiza el diagnóstico de una máquina hasta que se culmina la reparación. Además, se propone un manual de seguridad e higiene para el taller, así como el manejo y control de desechos sólidos y líquidos; también se propone la señalización de medidas de seguridad, el manejo de materiales y repuestos, la clasificación de insumos”⁴ .

Contexto nacional

1.11 El mantenimiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado y la certificación por competencias laborales. En el año 2005 la unidad técnica de ozono UTO y el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, proponen capacitar a los trabajadores del sector de la refrigeración y aire acondicionado en el país, creando unas competencias necesarias para el desarrollo de las actividades propias de la profesión de la refrigeración y aire acondicionado. El estudio de la UTO determina que el mantenimiento de estos equipos es la actividad responsable del 85% de las emisiones de hidroc fluorometano (HCFC) responsables del agotamiento de la capa de ozono y el efecto del calentamiento global; por lo tanto, la función de estas competencias es la de generar cultura ambiental profesional y certificar a los trabajadores del sector, mientras se va migrando a los nuevos sistemas de refrigeración, y refrigerantes más amigables con el medio ambiente.

1.21 Propuesta de mejoramiento al proceso de mantenimiento de Flowtite Andercol S.A. En el año 2000 el estudiante de pregrado Escobar Londoño, Carlos Mario de la Universidad Nacional de Colombia, realiza un proyecto de grado para la mejora del proceso productivo de la empresa Flowtite Andercol S.A. a través del

³ FORIGUA, pedro y GALEANO Andres. Propuesta del plan de mantenimiento de los compresores kaeser m57 pertenecientes a la flota de alquiler de la empresa grúas y equipos S. A .S. Bogotá D.C 2012. p. 33.

⁴ Ibíd., p. 34.

mantenimiento. La compañía Flowtite Andercol S.A produce y comercializa tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Al incluir las rutinas de mantenimiento preventivo a la maquinaria de proceso de fabricación de las tuberías de poliéster reforzado se concluyó que la implementación del mantenimiento en la empresa es de vital importancia ya que involucra procesos como los de la planificación y coordinación, y que estos procesos deben ir ajustándose a medida que la empresa lo requiera y que debe apoyarse en el personal técnico para alcanzar el equilibrio de la relación beneficio costo. Además se señala como etapas necesarias para la ejecución del proyecto la preparación, implementación, evaluación y estandarización.

1.23 Puesta en marcha de un plan de mantenimiento para las instalaciones de Gecolsa Sabaneta. En el año 2011 el estudiante David Fernando Restrepo Urrego de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, plantea un proyecto de grado donde propone un plan de mantenimiento en la empresa Gecolsa, compañía dedicada básicamente a la distribución, reparación, alquiler y venta de repuestos de maquinaria pesada para la construcción, minería y la industria agropecuaria. La propuesta concluyó que es fundamental contar con un plan de mantenimiento preventivo al interior de la compañía, se debe contar con un presupuesto de mantenimiento en la compañía, se debe evitar al máximo los mantenimientos correctivos, se deben definir de manera clara las tareas por departamentos, se debe evaluar de manera rígida la eficacia del personal contratista, se debe prestar mayor atención a la seguridad industrial en la empresa y se deben evaluar permanentemente los procesos operativos y reducir al máximo los trabajos de mantenimiento.

1.24 Propuesta del plan de mantenimiento de los compresores kaeser m57 pertenecientes a la flota de alquiler de la empresa grúas y equipos S A S. En el año 2012 en la ciudad de Bogotá los ingenieros mecánicos Pedro Enrique Forigua Hernández y Sergio Andrés Galeano Sánchez, estudiantes de la escuela colombiana de carreras industriales ECCI, elaboran una tesis basada en plan de mantenimiento para los compresores neumáticos kaeser m57 para optar al título de especialistas en gerencia de mantenimiento. El plan de mantenimiento propuesto contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que se debe realizar para asegurar los niveles de disponibilidad establecidos. Se determina que a partir del análisis de criticidad y el modelo de mantenimiento a aplicar se deben desarrollar las siguientes fases; determinación de fallos funcionales y técnicos de los sistemas que componen los compresores, determinación de los modos de fallo, clasificación en fallos a evitar y amortiguar y la determinación y selección de tareas preventivas de mantenimiento, frecuencias

y elaboración del plan de mantenimiento. Se concluye la importancia del manteniendo desde el punto de vista económico como una importante herramienta de rentabilidad en la empresa, debido al ahorro que genera un mantenimiento programado vs el correctivo no programado.

1.25 JUSTIFICACIÓN

El plan de mantenimiento para la optimización de los tiempos del Mantenimiento General de los equipos de aire acondicionado de expansión directa es fundamental, debido a que estos equipos son de gran relevancia en los procesos productivos de las compañías donde la empresa presta sus servicios; por lo tanto, su uso es indispensable.

Dentro de las ventajas que ofrece el programa de mantenimiento elaborado de manera específica como es este caso, están:

- A) Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento, por lo que se tiene un antecedente técnico explícito.
- B) Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas y, por ende, disminuye la mano de obra necesaria para hacer reparaciones y/o cambio de refacciones.
- C) Mayor duración, de los equipos e instalaciones, debido a un menor desgaste general de la máquina y sus componentes.
- D) Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo y se requiere menor espacio en bodega.
- E) Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades y una reducción de horas extras trabajadas.

2. OBJETIVOS.

Objetivo General

- Elaborar un programa de mantenimiento para sistemas de acondicionamiento de aire de expansión directa para la empresa RPH INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN LTDA, basado en la filosofía del Mantenimiento Productivo Total TPM.

Objetivos Específicos

- Describir los procedimientos que realiza la empresa a sus clientes que justifican el plan de mantenimiento TPM
- Clasificar los equipos de los clientes que maneja la empresa
- Identificar el nivel de criticidad de los equipos y sistemas
- Protocolizar procesos técnicos de inspección, medición y reparación de los equipos
- Implementar el plan de mantenimiento en la empresa RPH INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN LTDA

3. MARCO TEÓRICO

Mantenimiento correctivo ⁵

Por definición, Mantenimiento Correctivo es el conjunto de actividades desarrolladas en máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad del servicio para la cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio.

Toda labor de Mantenimiento Correctivo, exige una atención inmediata, por lo cual esta no puede ser debidamente programada y en ocasiones solo tramita y controla por medio de reportes - Máquina fuera de servicio - y en estos casos el personal debe efectuar solo los trabajos absolutamente indispensables para seguir prestando el servicio, disminuyendo de esta manera al mínimo el tiempo de parada y la consiguiente producción pérdida. El Mantenimiento Correctivo es el tipo de mantenimiento más usado ya que es el que requiere de menor conocimiento, organización y en principio menor esfuerzo, aunque esto realmente no es así pues demanda trabajo anormal y por lo general fuera de horas hábiles.

La actividad fundamental que se desarrolla en Mantenimiento Correctivo es la reparación no planificada que resulta debido a la falla imprevista; antes que se realice la reparación propiamente dicha es necesario examinar el tipo y la causa del daño; esto es lo que suele llamarse comprobación del daño y mediante esta constatación se permite ver concretamente cuales son las operaciones que hay que efectuar.

Recursos Necesarios

Las averías y los paros en maquinaria se presentan aún en las fábricas que cuentan con un buen sistema de Mantenimiento Preventivo. Para la rápida solución de los problemas se requiere contar con un equipo de reparaciones especialmente preparado en los diferentes tipos de máquinas y equipos dentro de la planta. Los cuatro factores más importantes en el grupo de Mantenimiento Correctivo son:

⁵ GARCÍA PALENCIA Oliverio, el mantenimiento general, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia (2006).p. 13-26.

- El personal.
- El equipo (Maquinaria, herramientas, equipos de medición y control).
- El suministro de repuestos.
- La organización y las actividades de control.

Estos recursos fundamentales deben ser adecuadamente coordinados y complementados para lograr la eficiencia requerida en las labores urgentes.

El recurso humano tiene que ser apropiada y necesariamente explotado, pues es imposible mantener un equipo suficiente para atender todas las solicitudes de inmediato o en cualquier circunstancia; por tanto es deber de una buena dirección decidir el orden de prioridades en la realización de los trabajos, con las personas adecuadas para lograr la minimización de los gastos.

Para conseguir que las cosas se hagan mejor se requiere de estudio, buena información y comunicación, lo que señala la importancia básica de establecer y mantener programas permanentes de capacitación y formación de personal y simultáneamente estudiar, analizar y determinar los procedimientos y métodos de trabajo más eficientes.

Las necesidades de capacitación varían con los requerimientos particulares y se basan en una buena o mala selección de personal, ya que esta es una de las etapas de la organización, que requiere de mayor responsabilidad. El cuidado en la selección debe ser directamente proporcional a la importancia del cargo; por esto la selección de directivos es difícil por cuanto se requiere que sea a la vez buen técnico y buen administrador.

Otro aspecto a considerar es la importancia de que el personal que se envía a efectuar reparaciones este dotado de las herramientas y equipos apropiados para que pueda desempeñar su labor con rapidez y eficiencia; es decir que cuente con los demás recursos físicos en el sitio y momento oportuno, así como un adecuado suministro de repuestos y partes de recambio. Debe también instruírsele acerca de la labor específica a realizar y los procedimientos lógicos a emplear para minimizar la posibilidad de fallas o errores humanos y así poder hacer uso provechoso de los recursos disponibles.

Clasificación del Mantenimiento Correctivo

Se pueden hacer varias clasificaciones particularizadas del sistema de Mantenimiento Correctivo.

Según la disponibilidad de tiempo para realizar la reparación que se deriva del tipo de parada presentada se clasifica en:

- Mantenimiento Correctivo Ligero. Aquel que restablece el servicio en el menor tiempo posible, para poder minimizar la duración de la parada.
- Mantenimiento Correctivo Profundo. Permite realizar una reparación a fondo del equipo, por cuanto el tiempo de duración de la parada no es determinante de la producción.

Según las circunstancias y políticas particulares de la empresa el Mantenimiento Correctivo puede ser:

- Mantenimiento Correctivo Centralizado. Opera bajo una sola cabeza central, tiene las ventajas de facilidad de supervisión, posibilidad de mayor capacitación, diversificación de labores y mejor control de tiempos y estándares.
- Mantenimiento Correctivo Descentralizado. Requiere de personal independiente en cada una de las áreas de la empresa, lo que permite atender las fallas más rápidamente y con mayor especialización, pero a la vez necesita de más personal que genera mayores gastos directos y permite más lapsos de tiempo ocioso o improductivo.

Según las necesidades productivas de la empresa el Mantenimiento Correctivo se puede clasificar en:

- Mantenimiento Correctivo Directo. Restablece adecuadamente el equipo a partir del momento de la falla sin importar el tipo de parada ocasionada.
- Mantenimiento Correctivo de Adaptación. En él no se interviene el equipo en el momento de la falla, sino que esta se acepta como tal por ser obvia, y se continúa la operación del equipo bajo la condición de riesgo calculado el máximo tiempo posible, por razones de economía o por la necesidad de cumplir compromisos comerciales.

Razones de Alto Mantenimiento Correctivo

Existen siete razones primordiales para tener un excesivo Mantenimiento Correctivo:

- Mantener la maquinaria 100% del tiempo programada para producción.
- Permitir tiempos muy limitados para los trabajos de mantenimiento.
- Falta de inventario conveniente y económico de refacciones.
- Mala calidad de los trabajos por la premura de la realización.
- Mala preparación y programación de los trabajos originados por fallas imprevistas.
- Mala estimación de la carga de trabajo que se puede llegar a presentar.
- Falta de diagnóstico acertado de las causas de las fallas anteriores.

Proceso Resolutivo al Mantenimiento Correctivo.

Se debe tener en cuenta los siguientes puntos para un correcto proceso resolutivo de los problemas presentados en Mantenimiento Correctivo:

Identifique su problema y haga el diagnóstico.

- Proponga soluciones alternativas.
- Evalúe y decida.
- Planee la solución mejor.
- Establezca prioridades, Clasifíquelas.
- Determine carga de trabajo.
- Confronte carga y fuerza de trabajo.
- Programe.
- Dirija y realice.
- Controle y corrija.

Ventajas del mantenimiento preventivo

Cualquier programa de mantenimiento Preventivo bien elaborado y apropiadamente aplicado, producirá beneficios que sobrepasan los costos. Entre las múltiples ventajas del mantenimiento Preventivo, las más importantes son las siguientes:

- Reducción de las paradas imprevistas de los equipos. Se disminuye el tiempo ocioso, en relación con todo lo que se refiere a economías y beneficios para la empresa.
- Menor necesidad de reparación en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y equipo.
- Menor necesidad del equipo en operación, reduciendo con ello la inversión de capital.
- Cambio del mantenimiento deficiente de - paros imprevistos - a mantenimiento programado que siempre es menos costoso, con el cual se logra mejor control del personal, materiales y equipos.
- Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento originados por las reparaciones imprevistas.
- Disminuye los costos de reparaciones de los desperfectos sencillos, realizados antes de los paros imprevistos, debidos a la menor fuerza de trabajo, o a las pocas técnicas empleadas y a la menor cantidad de partes que se necesitan para los paros planeados.
- Reducción de los costos de mantenimiento, de mano de obra y materiales, para las partidas de activos que se encuentran en el programa.
- Mejor control de refacciones, lo cual conduce a tener un inventario menos costoso.
- Aplazamiento o eliminación de los desembolsos por reemplazo prematuro de planta o equipo, debido a la mejor conservación de los activos e incremento de su vida útil probable.
- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido a la correcta adaptación del equipo.
- Menor costo unitario, al aumentar el tiempo útil de producción.

- Mayor seguridad para operarios y maquinaria.
- Facilita el control sistematizado de la programación.
- Es fuente incalculada de valiosos datos estadísticos.

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tipos de Programas

En cada industria dependiendo del tipo de actividades o proceso productivo, es posible establecer un programa diferente de Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo varía de acuerdo al tipo de fábrica, plantas dentro de una misma industria, proceso, equipos, sistemas de operación, localización, etc. Las variables que influyen en cada programa son múltiples e interconectadas. Un plan de Mantenimiento Preventivo será siempre activo y cambiante con las experiencias adquiridas.

Los principales tipos de programas de Mantenimiento Preventivo de aplicación industrial se pueden agrupar en tres:

- **Mantenimiento Preventivo Periódico Permanente.** Programa realizado de acuerdo a un orden lógico de actividades de mantenimiento según recomendaciones del fabricante.
- **Mantenimiento Preventivo Periódico Productivo.** Programa elaborado en un 100% de acuerdo con las necesidades productivas, se realiza después de elaborar los programas de producción.
- **Mantenimiento Preventivo Periódico por Over-Haul.** Programa aplicable en las paradas generales de fábricas o empresas que suspenden totalmente las actividades productivas durante una o dos veces al año.

Según las necesidades específicas se recomienda a las diferentes empresas adoptar algún programa de los anteriores.

En la fabricación de productos que requieren ser elaborados con continuidad durante las 24 horas del día, generalmente no es aplicable ninguno de los programas anteriores, sino que lo recomendable es:

La elaboración de un programa que considere las necesidades de producción pero con la máxima tendencia a ser del tipo periódico permanente.

Es necesario concientizar a Producción y a Ingeniería de Mantenimiento de las necesidades de producción y de mantenimiento para que conjuntamente se elaboren los programas de Mantenimiento Preventivo para lograr el mayor provecho posible.

Aplicación de los Programas

Antes de aplicar un programa de mantenimiento Preventivo hay necesidad de cubrir dos etapas fundamentales, que son la programación y la implantación propiamente dicha.

La etapa de programación debe cubrir cuatro actividades importantes:

Determinar el orden en que se programa el Mantenimiento Preventivo. Que es la escogencia de los equipos para determinar en qué orden se deben realizar las diferentes actividades de Mantenimiento Preventivo estableciendo además, hojas de vida con los datos técnicos y todas aquellas especificaciones que se crean necesarias. Las Figuras 3 y 4 muestran los formatos típicos para la elaboración de las hojas de vida y la historia de la maquinaria. Los datos consignados servirán para comprobar las características del equipo cada vez que sean requeridos, y con base en ellos realizar una mejor programación preventiva.

Clasificar los Tipos de Programas. Fundamentalmente en dos grupos, aquellos que no requieren parar el equipo, y los que deben estar acompañados de una parada programada del equipo, pues el tipo de inspecciones necesarias así lo requiere.

Preparación del Manual de Inspecciones. Etapa básica que consiste en recopilar y tener disponible toda la información necesaria para elaborar:

- Instrucciones de montaje
- Instrucciones de operaciones
- Manuales de mantenimiento y
- Formatos de inspección.

Esta información debe ser obtenida por las casas fabricantes, las empresas de servicio especializado, los técnicos especialistas o de las personas más experimentadas en operación y mantenimiento de los respectivos equipos.

La preparación de los manuales es una de las etapas difíciles de la programación del Mantenimiento Preventivo pues a pesar de ser de uso imperativo generalmente son de complicada elaboración por el tiempo y dedicación que exigen y por la experiencia requerida para su ejecución.

Integración de los Grupos de Trabajo. Según las necesidades específicas los grupos de trabajo deben ser formados de acuerdo con las actividades a desarrollar y la capacitación y entrenamiento requeridos. Cuando se hace con base en el nivel jerárquico, generalmente son de tres tipos:

- Profesionales experimentados
- Supervisores o técnicos experimentados
- Operarios experimentados.

Frecuencia de las Inspecciones

Un aspecto muy importante para lograr una buena programación de Mantenimiento Preventivo es la fijación de las frecuencias de inspección, lo cual influye preponderantemente en los costos y economías del programa. La decisión de cuan a menudo inspeccionar es fundamentalmente un asunto experimental; la tendencia inicial es la inspección excesiva, la cual aumenta innecesariamente los costos y puede involucrar más tiempo ocioso de producción que un paro de emergencia. Sin embargo, la subinspección produce más paros y descomposturas cuyos costos son mucho mayores que los ahorros en inspecciones. Se necesita por lo tanto un equilibrio óptimo para lograr buenos resultados.

La etapa básica en la fijación del ciclo de frecuencia es el análisis técnico del equipo que tenga en cuenta los siguientes puntos [39]:

- Edad, condición y costo. El equipo más antiguo y con mayor deterioro requiere servicios de inspección más frecuente, pero siempre con base en el análisis económico que justifique su mantenimiento.

- Severidad del servicio. Según la carga de trabajo de un equipo debe variar la frecuencia de inspección, para equipos idénticos el de carga más severa requiere ciclos más cortos.
- Requisitos de seguridad. Dependiendo de los riesgos que afectan la seguridad de personas e instalaciones las frecuencias de inspección deben hacerse mayores para disminuir al mínimo las situaciones peligrosas.
- Susceptibilidad de deterioro. Con base a la vida útil probable y las condiciones del medio donde opera el equipo la posibilidad de deterioro varía considerablemente y por lo tanto las frecuencias de inspecciones deben ser mayores para las condiciones más desfavorables.
- Condiciones particulares de operación. Las frecuencias de inspección deben también ajustarse teniendo en cuenta las condiciones de operación para el equipo tomado individualmente, que tiene que ver con sobrecargas, operación inadecuada, vibraciones debidas al tipo de montaje, susceptibilidad de perder los ajustes, etc.

En el proceso de determinación de frecuencias se debe adicionalmente, revisar las recomendaciones de los fabricantes para fijar las condiciones propias de la planta y mientras no se tengan motivos suficientemente justificados lo mejor es seguir esas recomendaciones.

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA PREVENTIVO

Para la implantación de un sistema de Mantenimiento Preventivo es tan importante el desarrollo del programa, como el vender la idea del plan, a cada uno de los integrantes de la planta, desde la Gerencia Superior hasta el personal de Mantenimiento y Producción, para lograr el convencimiento sobre la conveniencia del programa, de todos los interesados. Con base en lo anterior podemos decir que en la implantación de un sistema de Mantenimiento Preventivo se requieren cuatro condiciones:

Vender la Idea del Plan

En primer lugar a la Gerencia, cuyo apoyo posterior influirá en el éxito del programa. Siguiendo el orden jerárquico, a los Superintendentes y jefes de otros Departamentos, para continuar con el personal de Producción, de Mantenimiento y en general de todos los interesados.

Crear Conciencia Sobre los Beneficios del Sistema

Se requiere por tanto, el convencimiento de todo el personal relacionado, de la conveniencia para la empresa de la implantación del programa, y de esta forma, obtener una decidida colaboración.

Establecer Técnicamente los Programas de Inspección

Para que cualquier programa sea una realidad, es indispensable que haya sido técnicamente bien elaborado en cuanto a tipos de inspecciones y periodicidad se refiere; que sea encausado y dirigido en su ejecución por supervisores que conozcan satisfactoriamente los equipos y que sea ejecutado por operarios diestros, cuidadosos y responsables.

Diseñar Controles Efectivos para el Programa

Una vez establecido el sistema, lo indispensable es su control para que haya continuidad de su desarrollo, revisiones oportunas y evaluaciones con la adecuada periodicidad.

Un eficiente control del sistema debe incluir [2]:

- Cumplimiento estricto de los programas sin interrupción.
- Ubicación adecuada de los puntos y medios de control.
- Responsabilidad en el manejo de los programas de Mantenimiento Preventivo.
- Procedimiento para control de los costos de mantenimiento.

Adicionalmente, a las condiciones enumeradas, se puede decir que para la implantación de un programa es indispensable el acuerdo con producción, que se debe basar en un informe del estado real de la maquinaria y el cumplimiento de los plazos estipulados para mantenimiento con base al análisis detallado que permita a producción decidir hasta donde pueden llegar los trabajos para cumplir satisfactoriamente los programas productivos.

Para lograr el acuerdo mencionado y diseñar un apropiado sistema preventivo, finalmente, debemos tener siempre en cuenta las siguientes premisas:

Producción es el dueño de los equipos.

- Todo equipo requiere mantenimiento y sin él no se puede producir.

- Mantenimiento debe, en lo posible, intervenir en la planeación de producción.
- La finalidad del mantenimiento es permitir la máxima producción, pero con la calidad requerida.
- Son necesarios los buenos planeadores, pero son más indispensables los buenos ejecutores.
- Mantenimiento siempre debe dar el visto bueno a todos los materiales requeridos para mantenimiento.
- Debe existir completa comunicación entre producción y mantenimiento.

EL SISTEMA L. E. M.

Una detallada investigación realizada en los años 50 sobre el estado del mantenimiento en las Empresas Latinoamericanas llevó al Ingeniero John G. Castles al diseño y definición de un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo aplicable a este tipo de industrias que se debía basar fundamentalmente en tres puntos:

- Ser de fácil administración
- Ser de fácil organización
- Ser de fácil comprensión.

El sistema desarrollado lo denominó Sistema L.E.M. y lo aplicó inicialmente en las plantas de refinación de Plomo y Cobre en la Oroya, Perú, hacia 1960.

La fundamentación del sistema implica la prestación de servicios adecuados y oportunos a los diferentes equipos de acuerdo con tres grupos de labores principales que se codifican con las letras L. E. y M. Al primer grupo corresponden las actividades de Lubricación, al segundo las de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico y al tercero las de Mantenimiento Mecánico cuyas iniciales dieron origen al nombre del sistema.

Las labores a realizar en cada grupo son el resultado de un minucioso análisis de los equipos, sus componentes y su operación, la cual se complementa en lo posible con las recomendaciones de los fabricantes en cuanto a lubricación y frecuencia de las revisiones, que aparecen normalmente en los manuales de operación y mantenimiento.

El sistema de control se hace mediante la elaboración de una tarjeta por equipo que contiene además de los datos técnicos, todos los elementos necesarios para poder elaborar los programas semanales de trabajo, los cuales se revisarán con esta periodicidad y se programarán según los resultados semestral o anualmente.

Mediante el sistema de Mantenimiento L.E.M. se determina para cada uno de los tres grupos de actividades, que operación de mantenimiento específica debe hacerse a cada equipo (consignada en el manual de Mantenimiento Preventivo), con que frecuencia y cuánto tiempo toma él realizarla (consignado en la tarjeta maestra respectiva). Con los datos anteriores correctamente diligenciados se permite a producción conocer cuántas horas debe destinar al mantenimiento de su equipo en el año, para programar su operación en consecuencia; y al departamento de Mantenimiento conocer las horas-hombre necesarias por equipo para determinar las necesidades de personal para Mantenimiento Preventivo.

En la década del 70 el sistema L.E.M. ha sido implementado en algunas industrias Colombianas y ha obtenido un desarrollo importante en los últimos años con la utilización del procesamiento automático de datos, que permite un manejo más eficiente de la información de los programas, facilitando su análisis, control y registro de estadísticas.

4. METODOLOGÍA

Para obtener la consecución de este proyecto, se debe planear un debido proceso de actividades. A continuación se presentan dichos pasos.

Recopilación.

- Realizar búsquedas en la red para encontrar documentación e información sobre mantenimiento preventivo y correctivo, además del inventario de equipos y el programa actual de mantenimiento.
- Realizar lecturas detalladas, clasificar y analizar dicha información obtenida en la red y/o el administrador del mantenimiento moderno SAMM.
- Utilizar técnicas de comparación del método aplicado para el mantenimiento en la empresa RPH ingeniería y construcción y el que recomienda el fabricante de los sistemas de acondicionamiento de aire.

Evaluación.

- Aplicar metodologías de estudio existentes en ingeniería mecánica para aplicar al programa de mantenimiento.
- Evaluar cuál de las metodologías de es la más aplicable y cual entrega mejores resultados.
- Basados en la documentación obtenida realizar matrices de alternativas de diseño de formatos.
- Evaluar los requerimientos de mantenimiento.
- Evaluar los requerimientos de diseño de formatos técnicos y protocolos de mantenimiento.

Implementación

- Adaptar y aplicar los formatos de mantenimiento preventivo y correctivo
- Integrar la información al sistema SAMM

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Costo Estimado.

Recursos humanos.

- Tutor: Profesor de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad Tecnológica, encargado de seguir y asesorar el desarrollo del proyecto, realizar correcciones pertinentes y de guiar al ejecutor.

- Ejecutor: Estudiante encargado de desarrollar el proyecto.

Se estima un promedio de 20 horas por semana para el ejecutor y dos horas por semana para el tutor.

Se estima un promedio de 20 horas por semana para el ejecutor y dos horas por semana para el tutor.

Recurso	Fuente de Financiación	Costo por hora	Horas Dedicadas	Costo subtotal
Asesoría externa	Ejecutor	\$23.500	50	\$1'175.000
Tutor	Universidad Distrital F.J.C.	\$55.000	50	\$2'750.000
Ejecutor	Ejecutor	\$8.500	500	\$4'250.000
			Total Horas Dedicadas: 600	Total Costos: \$8'175.000

Tabla 2. Costo recursos humanos

Recursos de hardware.

Corresponde a los ordenadores y otros elementos físicos que se usarán durante el proyecto, se estima su costo según la duración estimada del proyecto.

Recurso	Fuente de Financiación	Tiempo de uso (meses)	Costos
Computador Portátil	Ejecutor	6	\$600.000
			Costos Totales: \$600.000

Tabla 3. Costo recursos de hardware.

Recursos de software

Corresponde a los programas que se utilizaran durante el desarrollo del proyecto, se estima su costo según la duración estimada del proyecto.

Recurso	Fuente de Financiación	Tiempo de uso (meses)	Costo Recurso	Costos Estimado de Uso
SAMM WEB	Ejecutor	6	\$1'160.000	\$1'160.000
			Costo Recursos: \$1'160.000	Costo Total Uso: \$1'160.00

Tabla 4. Costo recursos de software.

Insumos, fungibles y gastos.

Corresponden a los elementos requeridos para el uso y/o consumo para la ejecución del proyecto.

Recurso	Fuente de Financiación	Costo Recurso
Papelería	Ejecutor	\$80.000
Impresiones	Ejecutor	\$90.000
Fotocopias	Ejecutor	\$25.000
Libros	Ejecutor	\$145.000
Internet	Ejecutor	\$300.000
		Costo Total Recursos: \$640.000

Tabla 5. Costo insumos, fungibles y gastos.

Resumen de costos.

A continuación se relacionan los costos totales para la ejecución de este proyecto.

Recurso	Financiación Ejecutor	Financiación Universidad Distrital F.J.C.	Costo Total Recurso
Humano	\$5'425.000	\$2'750.000	\$8'175.000
Hardware	\$600.000		\$600.000
Software	\$1'160.000		\$1'160.000
Insumos, fungibles y gastos	\$640.000		\$640.000
	Costo Total Ejecutor \$7'185.000	Costo Total Universidad Distrital F.J.C. \$2'750.000	Costo Total Recursos \$9'935.000

Tabla 6. Resumen del costo general del proyecto

7. BIBLIOGRAFÍA

1. PIEDRA DIAZ, margarita y ARMAS CARDONA Raúl. Vibraciones mecánicas y su aplicación al mantenimiento predictivo. Caracas (2000).
2. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Documentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 41p. NTC 1486.
3. RESTREPO URREGO, David Fernando. Puesta en marcha de un plan de mantenimiento para las instalaciones de Gecolsa Sabaneta. Bogotá D.C. (2010).
4. ECCI, Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Centro de Información y documentación, catalogo en línea. 2010. Disponible en: <<http://biblioteca.ecci.edu.co/>>.
5. ROJAS BARAHONA, Randall. Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE. San José (2010).
6. CITALAN MORALES, Héctor. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la zona vial Nro. 13 Dirección general de caminos ubicada en el Quiche. Ciudad de Guatemala (2002).
7. RIVERA HERRERA, Daniel Antonio. Implementación de una estrategia de mantenimiento basada en el negocio, para la empresa manufacturera de detergentes Procter&Gamble Industrial de Venezuela S.A. Mérida (2008).
8. MORALES RUSSI, David Propuesta de la organización del taller de mantenimiento y de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y vehículos de la zona Nro. 3 de caminos Escuintla. San Carlos (2004).
9. MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Bogotá D.C. : Alfa omega colombiana, 2009. 475p.
10. UNIDAD TÉCNICA DE OZONO UTO Y EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. El mantenimiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado y la certificación por competencias laborales. La certificación. Código 280501022, Versión 2. Bogotá D.C. Diciembre de 2006.

11. DUFFUA, Salih y CAMPBELL, John Dixon. Sistemas de mantenimiento planeación y control. España: Limusa, 2002. 419p.
12. ESCOBAR LONDOÑO, Carlos Mario. Propuesta de mejoramiento al proceso de mantenimiento de Flowtite Andercol S.A. Bogotá D.C. (2009).
13. FORIGUA, pedro y GALEANO Andrés. Propuesta del plan de mantenimiento de los compresores kaeser m57 pertenecientes a la flota de alquiler de la empresa grúas y equipos S. A .S. Bogotá D.C. (2012).
14. GARCÍA PALENCIA Oliverio, el mantenimiento general, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia (2006).p 13-26.