

# Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

## Corrective Maintenance of the Reliability Centered Maintenance.

**Autor:** Ing. Luís Orlando Linares Depestre.

e/mail: [linares@gmc.gms.minbas.cu](mailto:linares@gmc.gms.minbas.cu).

Empresa Geominera del Centro, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

### **Resumen.**

En el presente artículo, se estudia la evolución histórica que ha experimentado el mantenimiento, según las características y el desarrollo tecnológico de cada época, desde las antiguas concepciones hasta las prácticas modernas en los países del primer mundo, en aras de comparar éstas con las condiciones actuales en que Cuba desarrolla la gestión del mantenimiento y la aplicación futura de las modernas concepciones, en un sistema integrado acorde a las condiciones actuales del País.

Palabras Clave : nDisponibilidad, Seguridad, Fiabilidad, Costos.

### **Summary.**

In the present article, is studied the historical evolution that has experienced the maintenance, according to the characteristics and the technological development of each time, from the old conceptions until the modern practices in the countries of the first world, for the sake of comparing these with the current conditions in that Cuba develops the management of the maintenance and the future application of the modern conceptions, in a system integrated chord to the current conditions of the Country.

Words Key: Availability, Security, Reliability, Costsntroducción.

## **Introducción.**

Toda empresa necesita realizar un mantenimiento adecuado al proceso productivo y no se debe utilizarse el sistema aplicado en otra entidad sin los ajustes requeridos por las modalidades propias de cada una de ellas. Para ello se deberán tener en cuenta tanto los aspectos técnicos como los relacionados a la gestión y la organización, considerando factores económicos de seguridad y medio ambiente.

Los métodos de mejora continua que incorpore mantenimiento en sus distintas etapas de crecimiento deben adecuarse automáticamente a cada fase de desarrollo, optimizando dicho servicio.

A medida que fue creciendo la complejidad de los equipos y la demanda creciente de productos de máxima calidad, entregados bajo normas internacionales y en los tiempos contratados, el mantenimiento como concepto ha tenido varias generaciones a lo largo de la historia y a medida que ha pasado el tiempo ha evolucionado en dependencia de las condiciones de la época, de las exigencias del mercado y del desarrollo industrial. A continuación se esboza la evolución histórica del mantenimiento desde las primeras concepciones hasta los sistemas de gestión modernos.

## **Desarrollo.**

### **1.1. Evolución Histórica del Mantenimiento.**

A finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX durante la revolución industrial, con las primeras máquinas, se iniciaron los trabajos de reparación, el inicio de los conceptos de competitividad y costo, planteó en las grandes empresas las preocupaciones hacia las fallas o paros que se producían en la producción. Ya para los años 20 aparecen las primeras estadísticas sobre la tasa de fallas en motores y equipos de aviación, (Molina, 2004).

Desde entonces surge la preocupación por la paralización inoportuna de los equipos y por tanto de las líneas productivas que consecuentemente afectaban la producción y por tanto los ingresos de las empresas. La disponibilidad de los equipos, se ve afectada por los tiempos perdidos por cualquier intervención que se le realice al equipo, siempre que ésta pérdida de tiempo afecte la capacidad productiva.

Augusto Tavares, L., 2001 analizó que con la llegada de la Primera Guerra Mundial y con la implantación de la producción en serie, instituida por Ford, las

fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y como consecuencia de esto, sintieron la necesidad de formar equipos que pudiesen efectuar reparaciones en máquinas en servicio en el menor tiempo posible. Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como Mantenimiento Correctivo.

Con el Mantenimiento Correctivo se puede realizar una reparación efectiva, pues como el equipo se encuentra paralizado, no se requiere de una gran infraestructura, ni de personal altamente calificado y puede ser rentable si el equipo está fuera de la línea de producción. Pero si el equipo está en la línea de producción cada minuto de paralización representa una pérdida igual a la cantidad de tiempo paralizado, por el rendimiento de la fábrica, por el valor de la producción. Es por ello que muchas veces la calidad de la reparación se ve afectada, por la necesidad de reparar rápido antes de reparar definitivamente y estas malas intervenciones de reparación devienen otras por las necesidades de producción y se crea así un círculo de roturas, que generan altos costos y baja disponibilidad.

A ésta etapa caracterizada por la aplicación del mantenimiento Correctivo o Reactivo, corresponde la **Primera Generación del Mantenimiento (1733-1938)**.

Desde la Segunda Guerra Mundial y hasta los años 60, las presiones del período de guerra aumentaron la demanda de todo tipo de productos, al mismo tiempo que el contingente de mano de obra industrial, disminuyó sensiblemente. (Kardec, A. y Nascif, J., 2001).

Como consecuencia, hubo un fuerte aumento de la mecanización, así como de la complejidad de las instalaciones industriales. Comienza a evidenciarse la necesidad de mayor disponibilidad y mayor confiabilidad en la búsqueda de la máxima productividad y como la industria era bastante dependiente del buen funcionamiento de las máquinas, surge la idea de que las fallas de los equipos podían prevenirse, lo que devino en el concepto de **Mantenimiento Preventivo**.

El Mantenimiento Preventivo traía consigo un conocimiento amplio de la máquina y el control histórico de la misma para luego llevar a cabo, las actividades de planificación. El hecho de poder planificar los trabajos del departamento de

mantenimiento, permitió prever los recambios o medios necesarios y concretar acuerdos mutuos con los responsables de la producción, para buscar el mejor momento para realizar el paro e inclusive planificar el tiempo de la intervención.

Pero para la realización del mantenimiento preventivo se requirió de invertir en la infraestructura y la mano de obra, el hecho de realizar recambios cada cierto tiempo, originó costos adicionales, pues en muchas ocasiones sucedía que se cambiaban piezas que aún disponían de vida útil y por otro lado se aplicaba la idea errónea de que “si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser mejor” incurriendo en gastos excesivos de lubricantes. (Roberts, 2009),

Por consiguiente el mantenimiento preventivo generaba gastos adicionales, por concepto de recambios de piezas e insumos a los equipos cada determinado período de tiempo, los desarmes sin el conocimiento exacto de la condición del equipo y del incremento de los tiempos de mantenimiento a medida que iba envejeciendo la condición del equipo.

La efectividad y economía de éste tipo del mantenimiento puede ser óptima, siempre que se tenga en cuenta la distribución de los tiempos de fallo de los elementos sujetos a mantenimiento y de la tendencia de la tasa de fallos del sistema (o sea el No. de ocasiones por año) en que una situación peligrosa se materializa, pero sucede que no se puede generalizar esta fundamentación y por ello en ocasiones el mantenimiento preventivo planificado se queda “corto”.

El mantenimiento preventivo no debe aplicarse, entonces, por igual a todos los tipos de equipos, sin una previa evaluación de su condición, de la antigüedad de su tecnología, de su importancia en la línea productiva y de la afectación productiva que se produciría en caso de interrupciones, en la línea de producción.

Esta etapa, caracterizada por la aplicación del mantenimiento preventivo, comprende la **Segunda Generación del Mantenimiento (1939-1966)**.

El incremento de la automatización significó que cada falla ocurrida afectara más seriamente la productividad y los patrones de calidad del producto, además de las serias consecuencias, que éstas provocaban, en la seguridad y en el medio ambiente, en momentos en que los patrones de exigencias en

estas áreas crecían aceleradamente. Entraron en acción entonces, las técnicas de inspección desarrolladas en la década por los métodos de vibraciones y otras técnicas de inspección intensiva y sistemática, que se basaron en la predicción de la falla, antes de que éstas ocurrieran, siguiendo el comportamiento a través del monitoreo de la condición del equipo, en intervalos de tiempo previamente establecidos.

Al mantenimiento que utiliza herramientas y técnicas de medición de parámetros físicos, para la inspección a los equipos en intervalos regulares, tomando acciones de prevención de fallas antes de su ocurrencia, se le denomina **Mantenimiento Predictivo**. (Moubray, 2001)

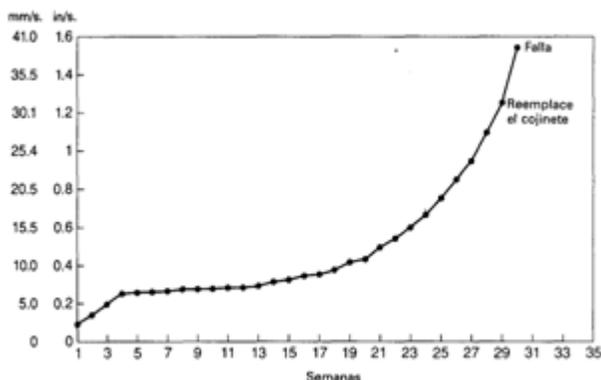
Con la aplicación del Mantenimiento Predictivo, se comenzaron a utilizar con determinado grado de importancia, los conceptos de **Disponibilidad** y **Confiabilidad**, para medir la eficacia del Mantenimiento, aunque éste incide directamente en la disminución de los **Costos** de mantenimiento, con relación a otros costos operacionales, se requiere de mucha especialización de los operarios pues, éstos deben dominar el proceso, los datos técnicos y los métodos científicos de trabajo riguroso, por otro lado la implantación del mantenimiento predictivo requiere de una inversión inicial en equipos, analizadores de vibraciones, analizadores de redes, termómetros, megaóhmetros, etc., los cuáles tienen un alto costo. De la misma forma se requiere destinar más personal para la lectura periódica de los datos, su interpretación y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere conocimiento técnico especializado.

Por tanto la aplicación de éste tipo de mantenimiento se justifica en máquinas o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas y donde las paradas innecesarias ocasionan grandes costos. (Molina, 2007)

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle. En la figura No.1 se muestra una curva típica que resulta de graficar la variable (vibración) contra el tiempo. Como la curva lo sugiere, deberán reemplazarse los cojinetes subsecuentes cuando la

vibración alcance 1,25 in/seg (31,75 mm/seg).

Los fabricantes de instrumentos y software para el mantenimiento predictivo pueden recomendar rangos y valores para reemplazar los componentes de la mayoría de los equipos, esto hace que el análisis histórico sea innecesario en la mayoría de las aplicaciones. [www.monografias.com](http://www.monografias.com)



**Figura No.1:** Variación del grado de vibraciones del cojinete.

El mantenimiento predictivo siempre puede utilizarse, aplicando las técnicas más sencillas posibles, empleadas por los técnicos habituales de la planta de forma constante y analizando constantemente la evolución de las variables físicas medidas. (García Garrido, S., 2010)

Se puede afirmar entonces, que el mantenimiento predictivo combina, los mantenimientos de generaciones anteriores pues mediante inspecciones programadas y sistemáticas propias del mantenimiento preventivo, se obtiene evidencias que nos permiten conocer donde y cuando realizar reparaciones propias del mantenimiento correctivo, ahora de forma planificada y toda ésta combinación tiene por resultado, un incremento marcado de la Disponibilidad, la Confiabilidad y por ende un incremento de la productividad del trabajo y una disminución de los costos, tanto operacionales como de mantenimiento. La etapa caracterizada por la aplicación del mantenimiento predictivo establece la **Tercera Generación del Mantenimiento (1967-1989)**.

**Prácticas Modernas del Mantenimiento.**

La Gestión de Calidad Total es una estrategia orientada a crear conciencia de calidad en todos los procesos organizacionales. ([es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)) Los conceptos de Calidad del Dr. W. Edwards Deming en Japón poco después de terminada la

Segunda Guerra Mundial, mostraron a los japoneses cómo podían controlar la calidad de sus productos durante el proceso, mediante estadísticas. La combinación de estos análisis y sus resultados directos en la Calidad, con la ética de trabajo del pueblo japonés, hizo que se creara toda una cultura de calidad. De ahí surgió la Gestión de la Calidad Total (TQM) (Total Quality Management), un nuevo estilo de manejar la industria. (Roberts, 2009).

Cuando la práctica del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de TQM, algunos de sus conceptos no parecían encajar en el proceso, sin embargo en 1969 Seiichi Nakajima, un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta Nippon Denso KK del grupo Toyota, desarrolló por primera vez, los conceptos de TPM (**Mantenimiento Productivo Total**) y después en los años 70 se inició su implementación por todo Japón.

**Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

El Mantenimiento Productivo Total incorpora nuevos conceptos a la aplicación práctica del mantenimiento comparados con las generaciones anteriores, pues se incorpora a las actividades de mantenimiento a todos los operarios de producción y la participación activa de todos los empleados, además de agregar en su seno las prácticas del Mantenimiento Preventivo, Correctivo, Predictivo, las Mejoras y la Prevención del Mantenimiento.

El JIPM (Japan Institute of Plan Maintenance), define como el TPM como un sistema orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas.

Obviamente el hecho de operar en una instalación industrial, con el concepto de cero defectos, cero accidentes y cero pérdidas, induce al criterio de más confiabilidad en los sistemas, menores costos y más seguridad para el hombre, todo ello eleva la competitividad de la fábrica con el incremento de las utilidades netas.

El TPM eleva el nivel de la eficacia del equipo mejorando los factores de disponibilidad, eficiencia del desempeño y el porcentaje de productos de calidad, pero ¿a qué valor de eficacia?

Seiichi Nakajima (1991), define las condiciones ideales de eficacia, teniendo en cuenta el comportamiento óptimo de éstos indicadores, partiendo de que:

- Mínima disponibilidad del equipo 90%

·Eficiencia del desempeño 95%  
·Porcentaje de Productos de Calidad 99%  
De donde la eficiencia total mínima a lograr por el equipo, debe ser:

Eficiencia total =  $0.90 * 0.95 * 0.99 = 0.85$

Por ello en los análisis de eficacia de la aplicación de un sistema de mantenimiento, se toma como referencia (Benchmarking) el valor de 85 %.

Para lograr altos niveles de eficacia en el TPM, se requiere definir las actividades que de forma sistemática, deben realizarse por el personal de mantenimiento, éstas podrán agruparse en dos grandes grupos, según Daniel Torres, L., 2005.

·La higienización.  
·La vigilancia, reglajes de máquinas y útiles, reparación.

La higienización tiene que ver con la limpieza del entorno, la vigilancia con el uso correcto de los instrumentos de medición adecuados para el servicio de mantenimiento, los reglajes, con la revisión de los ajustes y tolerancias y la reparación, con el cambio de los elementos y piezas cuando sea necesario. En muchas empresas no se considera el orden y limpieza en el lugar de trabajo como una condición fundamental para un trabajo de calidad y se aprende a convivir con esta situación.

El principio de orden y limpieza al que se refiere se denomina método de las 5 S y es de origen japonés. Este concepto no debería resultar nada nuevo para ninguna empresa, pero desafortunadamente si lo es. El movimiento de las 5S es una concepción ligada a la orientación hacia la calidad total que se originó en el Japón bajo la orientación de W. E. Deming hace más de 40 años y que esta incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo o gembu kaizen. (Venegas Sosa, R.A., 2005).

Montoya Delgado, I.G. y Parra Romero, C. E., 2010 explican que para los japoneses las 5S ayudan en el proceso de cambio cultural que implica al TPM, pues según el ingeniero Oswaldo Rincón, líder de la implementación de TPM en Unilever Colom-

... **Cultura = Metodología + Disciplina.**

TPM es la práctica de mantenimiento, más utilizada en la actualidad en los países desarrollados, en los que el mantenimiento, es una prioridad que se integra a los resultados de la Empresa.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

El término confiabilidad=fiabilidad en el mantenimiento, del inglés Reliability, surgió de los

análisis de falla en los equipamientos electrónicos para uso militar, durante la década de los 50 en los Estados Unidos. (Kardec, A., Nascif, J., 2002)

Durante muchos años el hoy desaparecido John Moubrey, brillante mentor del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), rechazó la posibilidad que existiera un marco superador de su exitosa y probada visión de cómo organizar adecuadamente el mantenimiento de una empresa. Fue por eso que en más de una oportunidad su fuerte carácter e ideología chocara directamente contra la visión del JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) y el TPM. ([www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)) Haciendo gala de la sabiduría milenaria del pueblo japonés, el ingeniero Takutaro Suzuki volvió a darle al mundo una gran lección; estudiando profundamente el RCM y tuvo la delicadeza de aceptar en su libro "TPM in Process Industries", que para optimizar la aplicación del TPM, debía utilizarse la metodología RCM.

Por tanto el RCM es un paso superior del TPM, un proceso de mejora de su aplicación lo que deriva que el mantenimiento centrado en la confiabilidad lleva a la empresa a un estadio superior de organización de la gestión del mantenimiento mundial. El enfoque del mantenimiento centrado en la confiabilidad, archiconocido, por sus siglas en inglés, tuvo su aparición inicial en la industria aeronáutica con la intención de mejorar la seguridad y confiabilidad de las aeronaves. El primer documento conocido sobre el tema fue un reporte escrito por F. S. Nowlan y H. F. Heap publicado en 1978. Desde entonces, este enfoque, que ha sufrido un lógico proceso de desarrollo, ha sido aplicado para elaborar programas de mantenimiento en casi todas las áreas de la actividad humana. Sin embargo, el amplio y en ocasiones indiscriminado uso del acrónimo RCM, ha conducido a la aparición de ciertos procesos que difieren significativamente de la idea original, muchos de los cuáles han fracasado. ([www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com))

Si se analiza la definición moderna de mantenimiento, se verifica que la misión del mantenimiento es garantizar la disponibilidad de la función de los equipos e instalaciones de tal modo que permita atender a un proceso de producción o de servicio con confiabilidad, seguridad, preservación del medio ambiente y costo adecuado.

En el mundo moderno, el concepto de Confiabilidad

adquiere gran trascendencia. Confiabilidad es la “capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas”. Habremos logrado la Confiabilidad requerida cuando el “ítem” hace lo que queremos que haga. Al decir “ítem” podemos referirnos a una máquina, a una planta industrial, a un proceso, a un rodado, a un sistema y también a una persona. La Confiabilidad impacta directamente sobre los resultados de la Empresa, debiendo aplicarse no sólo a máquinas o equipos aislados sino a la totalidad de los procesos que integran la cadena de valor de la Organización. (Ellmann, E., 2008)

A la etapa caracterizada por la aplicación de las técnicas del TPM y el RCM se considera la **Cuarta Generación del Mantenimiento (1990-2002)**.

### **Ingeniería el Mantenimiento.**

Cuando se rompe el paradigma del mantenimiento y se deja de reparar continuamente para buscar las causas básicas de las interrupciones o fallas y modificar las situaciones permanentes que producen mal desempeño en los componentes y sistemas, para dejar de convivir con problemas crónicos por todos conocidos, y la intervención técnica en las compras, se puede afirmar que, la gestión se realiza mediante la **Ingeniería del Mantenimiento** etapa a la cuál corresponde la **5ta generación del Mantenimiento (2003 -2010)**.

La ingeniería del mantenimiento significa estar al nivel del mantenimiento del primer mundo, es trabajar por conseguir los más altos niveles de desempeño o los Benchmarks.

El basamento de la confiabilidad está en la aplicación de las técnicas y tecnologías disponibles, con una orientación basada en riesgo y con la participación activa de la gente.

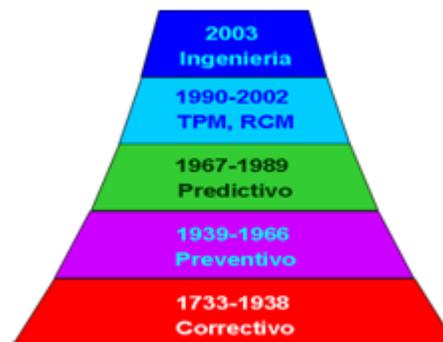
Ahora bien ¿cómo se ha desarrollado las técnicas de mantenimiento estudiadas, en Cuba y cómo se han aplicado a la industria?

### **El Mantenimiento en Cuba.**

Según de la Paz Martínez, M.E; en Cuba, antes de 1959 y con la excepción de determinadas industrias, no existía una cultura de mantenimiento, y no fue sino hasta 1961 cuando comenzó a promoverse el respeto hacia esta actividad, a partir de la introducción del Mantenimiento Preventivo Planificado en el otrora Ministerio de Industrias. En 1976, la Ley No. 1323, de Organización de la Administración Central del Estado, 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-Herramientas del País”, constituyéndose así el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)... integrado por normas y procedimientos de gran importancia técnica y económica. El sistema fue implantado en todas las empresas del citado Ministerio.

Claro está la tecnología instalada respondía el tipo de mantenimiento que se aplicaba por excelencia en esos tiempos (1939-1966), pero que ya estaba apunto de producir un salto hacia el mantenimiento predictivo, tal y como se muestra en el figura No. 2. Éste sistema de MPP se generalizó rápidamente para todos los equipos, pues la complejidad de los equipos no era alta y no se pensó en aquel momento en la influencia de los costos sobre las operaciones de mantenimiento a equipos que en realidad no necesitaban en su momento de una intervención



**Figura No. 2.** Resumen de la Evolución Histórica del Mantenimiento.

En 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 trazada en el país en relación con el mantenimiento, la mayoría de las empresas cubanas asumieron el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado, conocido por las siglas MPP, adaptándolo a sus características. (De la Paz Martínez, M.E)

Ya se han estudiado las desventajas que ofrece el sistema de MPP y que se manifiestan todas en las empresas cubanas con la particularidad que los ciclos de mantenimiento establecidos no son los más

adecuados para cada equipo y estos deben revisarse regularmente. Cuando por el ciclo corresponde un desarme, éste no se realiza pues no se cuenta en ese momento con el aditamento o la pieza necesaria o se realiza con paradas prolongadas que generan altos tiempos y altos costos totales y por último la deficiente gestión de almacenes, la ausencia de documentación técnica y el desconocimiento de los costos de mantenimiento; constituyen una realidad en más del 50% de la industria cubana. De forma general, en las empresas nacionales la aplicación de mantenimiento más extendida se ciñe a corregir averías, no a evitarlas.

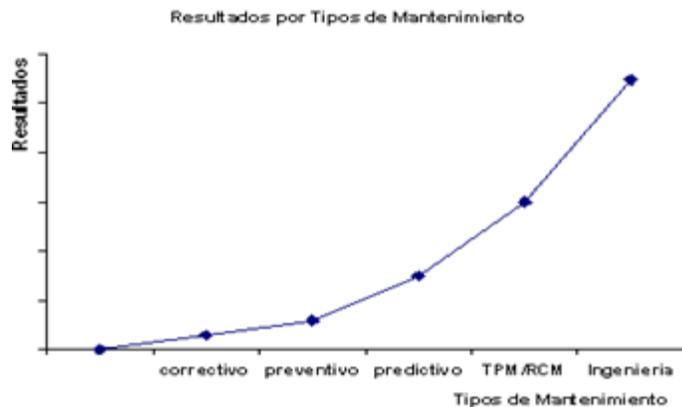
Según la experiencia de los especialistas del Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, centro promotor del desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento de la CUJAE, en Cuba en algunas empresas puede encontrarse unas veces, innecesarias y dañinas intervenciones; en otras, ausencia de atención a las máquinas o manejos cuestionables, y en los menos puede palpase un tratamiento profesional al equipamiento

Sexto, L. F., 2006 señala que no existen dos programas iguales de mantenimiento; como no existen dos centros productivos idénticos en cuanto a tamaño, localización, tecnología, personal, objetivos, organización, etc. Aún tratándose de centros con igual tecnología ¿significará acaso con iguales problemas? las planificaciones diseñadas para intervenir las máquinas, deben ser cortadas a la medida. Si antes no se realizó un estudio profundo de las necesidades y los problemas propios, la importación o copia mecánica pueden llevar a una costosa aplicación de recursos humanos y materiales. La desaparición del campo socialista y la permanencia del bloqueo económico estadounidense volcaron a la industria cubana en una gran depresión, trayendo consigo la limitación de recursos y la pérdida de vitales tradiciones técnico-culturales. Paradójicamente la práctica del MPP es la más usada en la mayoría de las industrias cubanas. Al final se utilizan gran cantidad de recursos, no destinados antes al mantenimiento, para realizar reparaciones capitales de centrales azucareros, plantas de producción, escuelas, hospitales, etc.

El MPP es una tarea destinada a la prevención de la falla, y ésta es válida si consigue reducir el nivel de

la falla, si no hubiera medios para ejecutar la tarea, se deberán realizar verificaciones periódicas, si el equipo consigue cumplir con su función, para por lo menos localizar la falla. Si la falla tiene consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente, sólo es válida si se reduce significativamente o elimina el riesgo de falla, en caso contrario se deberá re proyectar el sistema de mantenimiento o alterar el proceso. Si la tarea destinada a prevenir la falla tiene consecuencias operacionales sólo tendrá sentido si es económicamente viable o sea que el costo de la tarea de MPP sea menor que el costo de las consecuencias de la falla, sumando el costo de la reparación. Finalmente una tarea destinada a prevenir fallas (MPP), de consecuencias no operacionales, sólo tiene sentido realizarla si su costo durante determinado período de tiempo fuera menor que el costo de la reparación de ese mismo período. De lo contrario es mejor dejar fallar el equipo y hacer un mantenimiento correctivo planificado. (Kardec, A., Nascif, J., 2001).

Entonces el Mantenimiento Preventivo sólo se justifica en situaciones donde su necesidad esté perfectamente identificada y justificada.



**Figura No.3:** Resultados por Tipos de Mantenimiento según Kardec, A., Nascif, J., 2002.

La combinación de los tipos de mantenimiento adecuados a la tecnología y a las condiciones actuales del país, podrían dar como resultado un sistema de gestión del mantenimiento que integre a nuestra economía las tendencias actuales de desarrollo internacional.

Un sistema de gestión de mantenimiento efectivo sería aquel que aplique el **mantenimiento correctivo** hasta la falla, a los equipos de menor

importancia en el flujo productivo (equipos ..... **mantenimiento preventivo**-correctivo planificado a los equipos automotores, el **mantenimiento predictivo**-correctivo según la complejidad tecnológica a los equipos industriales directamente relacionados con el proceso productivo.

Por otra parte el cálculo y análisis de los indicadores en Fiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad y Costos (RCM/TPM) sólo a los equipos que producen afectaciones económicas a la empresa y la acción oportuna ante los resultados, la eliminación sistemática de las situaciones crónicas de los procesos que atentan contra la calidad, la seguridad o el medio ambiente y el estudio de los resultados de toda la información de cada tipo de mantenimiento (**ingeniería del mantenimiento**), unido a la introducción del sistema de las 5S a toda la industria, harán de la empresa cubana propia de un modelo de mantenimiento acorde a las características actuales de desarrollo industrial.

### **Conclusiones.**

1-El Mantenimiento Preventivo Planificado no puede aplicarse por igual a todos los equipos pues depende de las condiciones de prevención de la falla que resulte tanto técnica como económicamente más viable para los resultados de la Empresa. Si el costo de la prevención de la falla es mayor que el costo de la reparación es mejor dejar fallar el equipo y aplicar el mantenimiento correctivo, si el costo de la prevención es inferior al de la reparación se deberá aplicar el mantenimiento preventivo y si no se cuenta con los medios para prevenir la falla se deben realizar inspecciones periódicas mantenimiento predictivo, con ayuda o no de equipos de diagnóstico.

2-El análisis de indicadores de Disponibilidad, Fiabilidad, Mantenibilidad y Costo integrados a la eliminación sistemática de los problemas crónicos, la participación de todos los operarios a la gestión del mantenimiento y la práctica del programa de las 5S a la Industria, definirá la mejora continua de la gestión del mantenimiento de una empresa y de sus resultados económicos finales, no obstante la inclusión en cada análisis de fiabilidad de otros indicadores de gestión, harán más profundo el conocimiento del diagnóstico del mantenimiento y más efectiva, la toma de decisiones.

### **Referencias Bibliográficas.**

- 1-Kardec, A; Nascif, J: Mantenimiento, Función Estratégica, Qualitymark, Brasil, 2001.
- 2-Montoya Delgado, G; Parra Romero, C: Implementación del Total Productive Management (TPM) como Tecnología de Gestión para el Desarrollo de los Procesos de Maquiavicola LTD, Trabajo de Grado, Universidad el Rosario, Bogota DC, Colombia, 2010.
- 3-Nakajima, S: Introducción al TPM, Japan Institute for Plant Maintenance, Tecnología de Gerencia y Producción S. A., Madrid, España, 1991.
- 4-De la Paz Martínez, Estrella María: Perfeccionamiento del Sistema de Mantenimiento en la Industria Textil Cubana: Un Proceso de Mejora Continua, Universidad Central de Las Villas, Cuba.
- 5-Moubray, J: Introducción al RCM, Editorial Aladon Ltd, 2001.
- 6-Roberts, J. (2009). Mantenimiento Productivo Total, su Definición e Historia: Departamento de Tecnología e Ingeniería Industrial Texas A&M University-Commerce.
- 7-Sexto, L. F: Confiabilidad integral del activo Centro de Estudio de Innovación y Mantenimiento (CEIM/CUJAE), Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana, Cuba. 2006.
- 8-García Garrido, S: El Fracaso Asegurado de un Jefe de Mantenimiento, artículo en línea 2007, consultado el 15/12/2009, URL disponible en: <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/El+fracaso+asegurado+de+un+jefe+de+mantenimiento>
- 9-Augusto Tabares, L: Administración Moderna del Mantenimiento, Libro on line 2001, URL disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/Libro/lorival/default.asp?lang=ESP>
- 10-Molina, J: Mantenimiento Industrial – Fundamentos, artículo en línea 2007, consultada el 10/12/2009, URL disponible en: [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/mantenimientoindustrial/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/mantenimientoindustrial/)