

Mantenimiento de máquinas pesadas (Parte II)

Por Rubén Klimasauskas

Puntos de partida

La generación de un plan de mantenimiento obedece a una necesidad. Toda necesidad genera la asignación de recursos y toda asignación de recursos genera erogaciones de dinero. Dicho de otra manera, se generarán costos de implementación de manera que los costos generales se vean reducidos en el largo y mediano plazo. Puede ocurrir que los costos de mantenimiento se vean aumentados, pero en la ecuación general, de costos de la empresa, éstos tenderán a bajar y a contribuir a una mayor rentabilidad. Además la rentabilidad se verá ampliada en muchos casos por la eliminación de los costos ocultos que casi nunca se tienen en cuenta cuando se analizan los costos de mantenimiento, tales como evitar reprocesos, bajas calidades de productos o servicios, etc. En la figura 1 se ilustra lo expuesto. Es en este punto donde se desea separar la justificación de la existencia, implementación y control de la gestión de un programa de mantenimiento de la batería de productos comerciales relativos al mantenimiento, que muchas veces se venden como la solución a todos los males y que en muchos casos distan de serlo, no por la mala calidad de los productos que en su mayoría son buenos, sino porque no se entendió que esos productos comerciales vendidos por empresas que perciben un lucro, por lo que cada una de estas organizaciones tratará de imponer sus productos haciendo notar las ventajas a las que el cliente se hará acreedor si se decide por su producto enlatado. Lo que ocurre es que no existe producto o servicio en el mundo que sólo proporcione ventajas. Por lo que además de las mejoras inherentes al producto, existirán desventajas que si bien no pueden eliminarse, la elección de un determinado software de mantenimiento debe tener muy en claro las limitaciones que posee, de manera que sean conocidas por parte de la empresa que lo adquiere y asumidas con el convencimiento que con las desventajas propias, el sistema (para la organización) es el más adecuado. Es importante hacer notar que este trabajo pretende proporcionar una herramienta que ayude al interesado a fijar determinados conceptos que le permita comprender su problemática y, de esta manera, plantear una solución consistente que le sirva como una fuente de auténtica ganancias, sobre todo pensando en el largo plazo, ya que como se dijo, las estrategias del corto plazo son fuentes de futuras pérdidas. Esto sin perjuicio de obtener efímeras ganancias en lo inmediato. Pero como toda organización empresarial que se precie de seria y respetable debe basar sus estrategias en el largo plazo que es el que permitirá la permanencia en el mercado con estándares competitivos.

Ejemplo: Una empresa productora posee una estructura de costos tal como se muestra en la tabla 4

| Detalle | Valores |
|--------------------------------|-------------------------|
| Costos de Producción | \$ 15.000.000,00 |
| Costos de Mantenimiento | \$ 12.000.000,00 |
| Costos administrativos | \$ 375.000,00 |
| Costos de Marketing | \$ 675.000,00 |
| Total costos operativos | \$ 28.050.000,00 |

Tabla 4

Los costos de producción se detallan en la tabla 5.

| Detalle | Valores |
|-----------------------|-------------------------|
| Mano de Obra | \$ 5.700.000,00 |
| Materiales | \$ 4.050.000,00 |
| Servicios de terceros | \$ 3.000.000,00 |
| Scrap | \$ 2.250.000,00 |
| Total | \$ 15.000.000,00 |

Tabla 5

El concepto Scrap significa desperdicio. Del total, el 35% corresponde a multas por entregas fuera de término y mala calidad del producto, 25% alquileres de máquinas para reemplazar las averiadas por falta de mantenimiento programado, 27% a reprocesos debido a paradas súbitas y el 12% a restauraciones ordenadas por el departamento de HYSI por condiciones inseguras para los operarios y el medio ambiente.. En la tabla 6 se detalla su composición.

| Detalle | Valores |
|--------------------------------------|------------------------|
| Multas por entregas fuera de término | \$ 787.500,00 |
| Alquileres de maquinarias | \$ 585.000,00 |
| Reprocesos | \$ 607.500,00 |
| Paradas por HYSI y MA | \$ 270.000,00 |
| Total | \$ 2.250.000,00 |

Tabla 6

Como puede verse, muchos de los conceptos de costos ligados al mantenimiento no figuran como costos de mantenimiento y son cargados al costo de producción en forma directa. Nuevamente se recomienda al lector remontarse al iceberg de mantenimiento expuesto en la introducción. La manera correcta de disminuir los Scrap es mejorando las técnicas de mantenimiento. Supóngase que se encara un plan de reducción de desperdicios y los costos de mantenimiento se incrementan en un 10%. Por su parte el Scrap se reduce en un 90%. Analícese la nueva estructura de costos que resultaría de dar marcha con el programa de disminución de costos generales. De esta manera se tendrá que los costos de mantenimiento inicialmente en \$13.200.000,00, mientras que mediante la reducción del Scrap se tendrá: \$112.000,00 por lo que los costos de producción totales se reducirán a \$ 12.862.500,00 y los costos operativos totales serán de \$27.112.500,00. Es decir se habrá alcanzado un ahorro de \$937.500,00 en los costos operativos, lo que equivale a una disminución del 3,34%. En la tabla 7, puede verse el resumen de lo expuesto.

| Detalle | Valores |
|--------------------------------|-------------------------|
| Costos de Producción | \$ 12.862.500,00 |
| Costos de Mantenimiento | \$ 13.200.000,00 |
| Costos administrativos | \$ 375.000,00 |
| Costos de Marketing | \$ 675.000,00 |
| Total costos operativos | \$ 27.112.500,00 |

| Detalle | Valores |
|--|------------------|
| Total costos operativos sin modificación | \$ 28.050.000,00 |
| Total costos operativos con modificación | \$ 27.112.500,00 |
| Ahorro | \$ 937.500,00 |
| % de ahorro | 3,34% |

Tabla 7

Como una primera observación, puede decirse que los costos deben tratarse en forma global dentro de la organización, pues si bien los de mantenimiento se incrementaron en un 10% la reducción total de éstos fue del 3,34%. Porcentaje que a simple vista parece exiguo pero en realidad colaborará en forma directa en aumentar la rentabilidad de la organización en ese porcentaje. Como segundo corolario, quizá el más importante, puede asegurarse que las barreras interdepartamentales deben ser derribadas si se desea alcanzar un funcionamiento eficiente y eficaz de una empresa. En el ejemplo tratado, puede intuirse que si se plantea la un

aumento de costos a una sección y no media un tratamiento general de la empresa, lo más razonable y lógico será la negación de la Gerencia de Mantenimiento a encarar el plan o programa de reducción. La recíproca es válida, **la disminución de costos adoptada unilateralmente por un área, no significará una baja de costos en toda la organización. Sólo la interrelación de las áreas y la comprensión de este funcionamiento interrelacionado será el que logrará una operación armónica, eficiente que podrá alcanzar resultados que posibiliten a una organización ser líder en los segmentos en que actúa.**

La adopción de un plan de mantenimiento para un determinado número de activos debe basarse en la funcionalidad de éstos y no en políticas genéricas. Durante años se ha tratado de estandarizar procedimientos de mantenimiento. Ésta es una idea de errónea sostenida por muchos mantenedores siguiendo un enfoque tradicional. Esto se puede visualizar cuando en una empresa el gerente o Jefe de Mantenimiento sostiene, por ejemplo, “las garras de las topadoras tienen una vida útil de 10000 horas” Pero ocurre que esta compañía posee 25 topadoras, que se encuentran haciendo caminos en lugares que van de 0 a 4500 m SNM. El suelo para las que trabajan a nivel del mar es tierra suelta y para las de 4500 m roca viva. Quedan para el lector las conclusiones.

Otro punto de vista que muchas veces no se toma correctamente es el papel del fabricante del vehículo y muchas organizaciones sencillamente se allanan a lo que éste o su distribuidor ordena (el término que debería usarse es recomienda) No debe olvidarse, en primer lugar que planes de mantenimiento no deben ser genéricos y los fabricantes o sus distribuidores siempre recomiendan planes generales, pues como se puede deducir es imposible físicamente e inviable desde el punto de vista económico desarrollar un programa de mantenimiento para cada aplicación particular por cada máquina que produce o distribuye. Por otra parte, durante el período de garantía, el fabricante o distribuido autorizador debe asegurar el no fallo del activo. Por esa razón generalmente incurre en sobre mantenimiento o mantenimiento excesivo. Esta situación debe ser aceptada por parte del cliente, pues no constituye un contrato de común acuerdo, sino una imposición de fábrica que el cliente, si quiere que la garantía corra por el período establecido, debe allanarse a las normas y procedimientos establecidos por éste. Los que involucran repuestos, materiales y mano de obra. Una vez expirado este plazo, es responsabilidad del usuario velar por el mantenimiento correcto de sus máquinas. Al no ser conveniente desarrollar planes genéricos, ya que puede incurrirse en falta o exceso de mantenimiento, deben ser tales que aseguren la función para la cual se adquirió determinada máquina, los programas deben responder de manera que las exigencias de trabajo de cada activo sean adecuadamente cumplidas con un alto índice de disponibilidad, a un costo óptimo y con un alto nivel de eficiencia. Este nivel no podrá alcanzarse siguiendo las disposiciones del fabricante o distribuidor, ya que si las condiciones de trabajo son menos exigentes que los estándares se estará incurriendo en sobre mantenimiento. Si por el contrario, éstas son más exigentes, el mantenimiento recomendado será insuficiente. Por último, gran parte del negocio del proveedor consiste en vender repuestos y servicios. Si el usuario no posee una estrategia de Gestión Integral de Repuestos (GIR) lo más probable será que se involucre en una serie de erogaciones nada despreciables que pueden ser fácilmente reducibles. Pues existen muchos repuestos y componentes que sencillamente no son fabricados por el constructor del equipo. Tales son los casos de alternadores o arranques (DELCO REMY, BOSCH, etc.), Turbo alimentadores (GARRETT, HOLSET, etc.), transmisiones (ZF, ALLISSON, etc.), sistemas hidráulicos (MANESMANN, VICKERS, etc.), mangueras y conductores de fluidos (PARKER, MANULI, etc.). La lista puede continuar. Por ello, si se consigue identificar el fabricante, o distribuidor del componente, seguramente se lograrán reducir los costos de adquisición de éstos. Por lo expuesto, puede asegurarse que **el papel del fabricante o distribuidor posee un limitado (Aunque importante) papel en el mantenimiento de una máquina, pues al disponer de personal altamente especializado, la ayuda o contribución ante problemas puntuales puede ser muy importante y conlleva una serie de erogaciones nada despreciables que pueden ser fácilmente reducibles.**

Existen dos elementos muy relacionados entre sí que muchas veces se consideran imprescindibles para poder llevar a cabo un programa de mantenimiento de manera exitosa y eficiente. Estos son los registros de fallas y el historial, es decir el lugar donde se vuelcan esos registros. Es importante notar que cuando ocurren fallas importantes la frecuencia de ocurrencia de éstas es muy baja al punto que muy pocas veces se repiten. De esta manera si una falla tiene lugar una o, a lo sumo dos veces durante la vida del activo, de muy poco servirá esa información. Por otra parte, si ocurren fallas de poca importancia, su registro carecerá de valor pues si las fallas son poco importantes, que las mismas tengan lugar no es un acontecimiento que pretenda evitarse, justamente porque no son importantes. Por otra parte, en un programa de mantenimiento se tiene información sobre fallas importantes, es porque no se están previniendo. Dicho de otro modo, el historial que refleje una tasa de fallas importantes elevada está reflejando el fracaso del plan, que era justamente evitar que las fallas simplemente ocurrieran. Por eso es importante destacar que el profesional de mantenimiento debe hacerse a la idea de acostumbrarse a vivir con la incertidumbre y desarrollar estrategias que permitan manejarla adecuadamente. Si las consecuencias de determinada incertidumbre no pueden ser toleradas, se deberá cambiar la estrategia. Por ejemplo en un motor de combustión interna la falla del termostato del refrigerante puede causar el colapso del motor. De muy poco servirá anotar cada vez que se reporte esta falla y su consecuencia nefasta. Lo que debe hacerse en este caso, es reducir o eliminar la consecuencia, es decir la rotura del motor mediante la instalación de un sistema de protección por alta temperatura que tome en cuenta la temperatura de la pared del conducto, ya que si se queda sin refrigerante por una traba del termostato, si el sensor no se encuentra en contacto directo con el agua, no podrá tomar nota de la existencia del sobrecalentamiento y no actuará deteniendo el motor. Lo expuesto representa una clara eliminación de una consecuencia como la destrucción o colapso del motor por una detención del mismo antes que se alcancen temperaturas que pudieran provocar el colapso.

Generación del plan de mantenimiento

El mantenimiento ha crecido a un ritmo vertiginoso en la industria, especialmente en aquellas que utilizan activos de precios elevados y altos lucros cesantes tales como las constructoras, mineras, petroleras, etc. Todas estas empresas tienen un denominador común: el uso de máquinas pesadas tales como cargadoras, camiones, topadoras, etc. Debe quedar claro que el mantenimiento hace al negocio y a la rentabilidad del mismo, por lo que si realmente se lo comprende, debe ser incluido dentro de la estrategia global de la empresa, pues como ya se expresó tiene directa incidencia en la cantidad, calidad de los productos y / o servicios que una empresa ofrece en el mercado, también en la seguridad de los trabajadores involucrados en los diferentes procesos. Se remarca: **el mantenimiento es en realidad una fuente de ingresos con incidencia directa en el resultado de una empresa.**

Es importante destacar que lo expuesto y sostenido en este trabajo no va a contramano de softwares de mantenimiento o algunas metodologías tales como RCM (Reliability Centered Maintenance), TPM (Total Productive Maintenance), etc. Éstas constituyen herramientas muy útiles. Lo que se persigue en esta obra es dar un instrumento para que el cliente o usuario pueda discernir cual es el método o sistema que se adapta mejor a sus necesidades,. Por otra parte, el trabajo de reconocimiento es imprescindible antes de elegir cualquier sistema de trabajo. Por lo que la superposición no existe, sino que lo que se desea plantear es un cúmulo de tareas que se van a complementar con las futuras acciones específicas.

Un programa de mantenimiento significa la planificación de tareas, la correcta ejecución Controlar o verificar (*Check*), la implementación está ligada a la acción directa, el monitoreo significa control de la marcha y, finalmente, los cambios o modificaciones detectados por los controles, con la acción directa, es decir, la acción y así sucesivamente. Este ciclo de tareas, fue mejorado y llevado a la práctica por el Dr. Deming como una estrategia básica de los procesos de mejora continua en las empresas. Nótese que se dijo correcta ejecución y no ejecutarlas correctamente, un control adecuado de la marcha de las tareas y los resultados El ciclo PDCA o

rueda de Deming, de las siglas en inglés Planificar (*Plan*), Hacer (*Do*), aplicarse sin inconvenientes en la estrategia de mantenimiento. En la figura 9 se ilustra este conocido esquema.

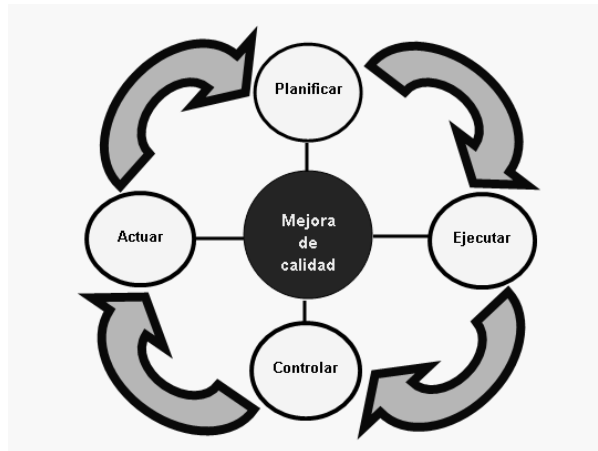


Figura 9

En lo que sigue, se explicará como puede aplicarse esta herramienta a una estrategia de mantenimiento. Es importante destacar que la implementación de un plan de mantenimiento, debe estar alineada con la misión, visión y objetivos estratégicos de la empresa. Lo primero que se soluciona, es la obtención de una Herramienta que permite amortiguar los cambios bruscos del mundo de las empresas y no se varíe en la búsqueda de la Visión definida. Ahora bien, estos elementos deben estar alineados con lo que establece los diferentes niveles de control (Estratégico, Táctico y Operativo). En la tabla 8, se ilustran los 4 pasos del ciclo Deming.

| | |
|-------------------|--|
| Planificar | Definir los objetivos que se deben alcanzar. |
| | Determinar las tareas que deben llevarse a cabo para alcanzar los objetivos. |
| | Determinar el cronograma de aplicación |
| | Determinar los recursos que deben disponerse para alcanzar los objetivos. |
| | Determinar los costos ligados a los puntos anteriores. |
| | Determinar los indicadores que monitorearán la marcha del plan. |
| Ejecutar | Implementación de las tareas. |
| | Disponer de los recursos para que las tareas puedan llevarse a cabo. |
| Controlar | Verificar la implementación del plan. |
| | Verificar los resultados. |
| | Verificar resultados de cambios implementados. |
| | Verificar resultados parciales y globales del plan |
| Actuar | Implementar cambios. |
| | Reforzar procedimientos exitosos. |

Tabla 8

Planificación.

Determinación de objetivos:

Es en este primer punto donde deben conocerse y entenderse la misión y visión de la empresa. Los objetivos deben responder a éstas últimas. El proceso de planeación estratégica parte de la **visión** del futuro, de lo que la empresa u organización pretende, alcanzar, lograr o

llegar a hacer. Los aspectos estratégicos para alcanzar la visión se deben concentrar en tres líneas fundamentales de acción: **capacitación, reingeniería de procesos, certificación de calidad, y herramientas de control de gestión** tales como **cuadro de mando integral**

La visión debe ser conocida por los integrantes de la organización. La **Visión Compartida** en una empresa, genera un fuerte sentimiento de identificación y compromiso en los integrantes, de manera que el camino hacia el futuro lo realizan todos, aportando y desarrollando potencial. Es un camino que se origina en el interior de las personas, a través de la construcción de una **Visión Personal**, en la que cada integrante tenga en claro como su actividad contribuye a alcanzar los objetivos planteados en la visión corporativa, por lo que no basta con aumentar las aptitudes de las personas, sino que también es necesario mejorarlas, en virtud de lo que se desea alcanzar.

El convencimiento y compromiso con una visión de futuro puede lograr acciones claras, pacientes y persistentes, en los procesos de cambio personal para alcanzar los resultados esperados. Esto debe quedar lo suficientemente claro como para entender que todas las medidas deben conducir a alcanzar la visión establecida. Si no ocurre, la expresión de la visión no es correcta.

Debe tenerse en cuenta que el director general tenga una buena idea del futuro y la determinación de verlo realizado. La manifestación de la idea en acción deberá ser un objetivo de todos.

Por su parte, la **misión** radica en determinar que necesidades serán satisfechas, identificar los clientes o destinatarios y, la manera en que se llevará a la práctica. Consiste en un enunciado que sintetiza los principales propósitos estratégicos, así como los valores esenciales que deberían ser conocidos, comprendidos y compartidos por todos los individuos que conforman una organización.

El **objetivo de la Misión** es orientar y optimizar la capacidad de respuesta de la organización ante las oportunidades del entorno, por lo que se la define considerando los siguientes aspectos:

- **Estrategia:** está enfocada en la puesta en práctica. Dice Kaplan “*una visión describe un resultado deseado, una estrategia, sin embargo, debe describir de qué manera se alcanzarán esos resultados*”. En términos empresariales se puede definir como la relación entre la Visión de la empresa y los planes operativos que se deben seguirse cotidianamente. Describe reglas, hechos y decisiones que la empresa necesita para pasar de la situación actual a la que desea tener en el futuro (Visión).
- **Propósitos y valores:** Generan el compromiso compartido de los integrantes de la empresa dentro de la cultura organizacional.
- **Políticas y normas:** Se componen guías que definen los conceptos de eficiencia, productividad, rentabilidad, etc. Dan el marco de procedimientos dentro del cual deben calcularse los indicadores que evalúan la marcha de los planes que a su vez deben estar alineados con la visión, misión y compatibles con la estratégica.
- **Iniciativas:** Constituyen planes específicos. Son los planes de acción que contienen acciones y pasos específicos que se necesitarán para obtener resultados y que se expresan en Presupuestos, Programas.
- **Metas e indicadores:** las metas consisten en medidas específicas que relacionan la variable temporal con los objetivos. Por ejemplo, llegar a una reducción del 10% de los costos operativos en un plazo de seis meses. los indicadores representan medidas de las metas que generalmente muestran lo pasado y permiten predecir el futuro. Dicho de

otra manera, constituyen La medición motiva determinados comportamientos y son las mediciones (expresadas en coeficientes, ratios y fórmulas) las que permiten en forma sistemática explotar los factores claves para el éxito de las objetivos.

Es importante destacar como de una visión genérica, del directorio o presidencia de una empresa, mediante técnicas de comunicación, se va desmarñando una idea hasta traducirla en planes específicos con mediciones concretas que indican la marcha de los planes.

Antes de continuar, conviene hacer una disquisición entre términos que muchas veces, usados indistintamente, dan lugar a confusión si no existe una clara comprensión de los conceptos que involucran: **La Planificación o planeación estratégica y la Planificación operativa.** Mientras que la primera se enfoca en el largo plazo, la planificación operativa está ligada estrechamente con el corto plazo, es más en el día a día. En la tabla 9 pueden verse estos aspectos con un mayor detalle.

Es importante destacar que ambos conceptos no son antagónicos ni divergentes. **La Planificación Operativa debe estar en línea con la estratégica.** Dicho de otro modo debe ser la manera en que los objetivos de largo plazo se van materializando a través de la cotidianeidad. Lo expuesto, quiere destacar que si se quieren alcanzar los resultados del largo plazo, las medidas que se deben tomar en el corto, deben contribuir a lograr los del largo plazo.

Existen, sin embargo técnicas que actúan como integradoras, tal es el caso del Cuadro de mando integral CMI o BSC, por sus siglas en inglés. **de la planificación de largo plazo con la planificación de corto plazo entorno de la Estrategia.** Los sistemas de gestión de calidad como ISO, contribuyen en este aspecto. la descripción y tratado de estos tópicos están más allá de los objetivo de este trabajo. No obstante, en varios pasajes se recurrirán a conceptos propios o íntimamente ligados a estas técnicas.

De esta manera, la **comunicación** se erige en el **eje estratégico de las organizaciones**, pues no puede existir, transacción sin comunicación. Gerenciar una organización implica tanto la coordinación de sus recursos, sean materiales, humanos y sociales. No debe olvidarse el cada vez más importante rol social de una empresa. Si bien las empresas perciben un lucro, no debe perderse de vista que están inmersas en un medio y muchas de las medidas que tomen podrán afectar el entorno, con resultados perjudiciales para la organización. De esta manera, todos los miembros serán responsables a través del manejo eficiente de sus comunicaciones internas y externas, formales e informales. Al igual que la misión y visión, las comunicaciones se llevan a la práctica mediante las **estrategias de comunicación, las que deben estar directamente ligadas al plan de negocio de la organización. Toda organización debe llevar a cabo una política proactiva de comunicación, porque es a partir de eso que se construye el prestigio o reputación de una marca, empresa, producto, servicio negocio.**

| Planificación Estratégica | Planificación Operativa |
|---|---|
| Largo plazo | Corto y mediano plazo |
| Que hacer y como hacer en el plazo largo | Que, como, cuando, quien, donde y con qué |
| Énfasis en la búsqueda de permanencia de la organización en el tiempo | Énfasis en los aspectos del "día a día" |
| Grandes lineamientos (general) | Desagregación del plan estratégico en programas o proyectos específicos |
| Incluye: misión, visión de futuro, valores corporativos, objetivos, estrategias, objetivos, indicadores, metas e iniciativas alineadas con la estrategia. | Incluye: actividades, plazos y responsables alineados con los objetivos de corto plazo. |

Lo que sigue es relacionar todos los conceptos incorporados con las prácticas de mantenimiento y visualizar como esta disciplina científica, lejos de ser una carga para la organización, constituye en realidad una fuente de ingresos, alineada completamente con la misión, visión, estrategia, iniciativas, metas e indicadores. La planificación consiste en determinar el programa de mantenimiento para toda la vida útil del o de los activos involucrados. Pero no debe confundirse con el día a día, que forma parte de la ejecución.

Ejecución

Consiste en llevar a la práctica lo que se planificó. En el caso de mantenimiento, la planificación está en la creación del programa o plan. La ejecución radica en llevar a cabo las inspecciones planeadas según el cronograma previamente establecido. **A diferencia de la planificación que generalmente corresponde a planificación estratégica (largo plazo), la ejecución es siempre operativa.** Se materializa mediante el cronograma de mantenimiento y debe asegurarse que los recursos para llevar a cabo el plan estén en el momento que se necesiten.

La ejecución del programa en el corto plazo (un año calendario) debe contemplar las siguientes actividades:

1. **Programación de trabajos:** Se trata de planificar las tareas de manera tal de no entorpecer los trabajos de producción. Lo que se estila es una vez aprobado el plan, al comienzo del ejercicio es proveer al sector productivo de un planning es decir un cronograma de mantenimiento con sus correspondientes paradas.
2. **Preparación del herramental:** Una vez programados los trabajos y habiendo coordinado con los sectores de producción, hay que ver con que instrumental se cuenta para realizar las tareas. Si no se poseen en existencias deberán proveerse a la brevedad.
3. **Programación de la mano de obra:** Muchas tareas del plan deben ser efectuados por el personal que tenga una formación acorde al trabajo a realizar; si no se dispone de personal entrenado se debe planificar la formación.
4. **Preparación de materiales (repuestos y consumibles):** Éste es uno de los puntos clave del MP representa la ventaja de no poseer un stock elevado de repuestos, sino que al haber una planificación organizada, se deberá contar con el repuesto al momento de la inspección, por ejemplo si se establece la vida útil de una cruceta de cardan en 3500/4000 horas no se justifica que ese elemento este en las estanterías de almacenes a las 1500 horas de uso, pues la presencia del repuesto de marras nos esta limitando la adquisición de aquellos que se necesitan para esas horas de uso. El stock puede planificarse.
5. **Recursos monetarios:** Asegurarse que las remesas de dinero estén disponibles cuando sean necesarios.
6. **Tercerización:** Al momento de disponerse de servicios de terceros, los contratos o alianzas de tercerización deben estar vigentes. Por ejemplo, si los servicios de alternadores y motores de arranque se estipularon cada 2.000 horas o 6 meses, al momento de materializarse estas inspecciones, el proveedor debe estar listo para recibir

y llevarla a cabo y no salir cuando estos elementos se desmonten a buscar el proveedor que se ajuste a las exigencias y limitaciones de la organización.

Aunque, aparentemente, existe una superposición entre la planificación y la ejecución, La diferencia radica en que la planificación se hace para toda la vida útil de la máquina y la ejecución pone de manifiesto el corto plazo dando las coordenadas de seguimiento diario. Es en este punto donde se conecta con el control.

Control

Es en este punto, cuando se evalúan los resultados del plan de mantenimiento ya programado según la ejecución planeada. Para ello, en la planificación se fija el modo de control a través de indicadores o sistemas de control como puede ser el cuadro de mando integral y en esta etapa, se deben establecer los valores mínimos admisibles de los índices de control de gestión y de esta manera, dar los fundamentos para cambiar o reforzar determinados procedimientos. Esta etapa se basa en:

1. **Control de resultados:** Un plan puede y debe mejorarse con el tiempo siguiendo de cerca los trabajos. los índices de control de gestión (ICG) ocupan un importante lugar en este ítem. pues gran parte de la evaluación se basará en el seguimiento de los parámetros elegidos. para la evaluación. Es menester que los índices de control de gestión, no solo sirvan para analizar los resultados pasados (como los indicadores financieros) sino para poder predecir el futuro. Debe tenerse en cuenta que los indicadores financieros medirán los avances del plan o mejora propuesta y ejecutada. No debe perderse de vista que el objetivo de la empresa es el lucro, por lo que es deber del gerente de mantenimiento establecer una conexión entre las mejoras que en términos de performance y confiabilidad se deberán traducir en una mejora de la operatividad de la compañía y ésta a su vez en mayores ganancias. Por lo que al final del proceso productivo, los ICG deberán traducirse en términos que indiquen la performance financiera de la compañía. Cuando se usan sistemas integrados de control de gestión, la relación de ICG de mantenimiento, financieros y del punto de vista del cliente (interno o externo), se hace en forma simultánea y rutinaria. De allí la importancia de estos nuevos sistemas en la administración moderna. .
2. **Investigación de fallas y rediseños:** El aspecto del análisis de falla que entra en esta etapa, es el concerniente a la modificación de los ICG que permiten monitorear la marcha del plan. Lo mismo ocurre con rediseños, el resultado que se espera debe materializarse a través de indicadores o sistema de control.

Acción.

Consiste en ejecutar la planificación, basarse en los resultados de control para llevar a cabo las modificaciones de procedimientos o tareas que de la etapa de control se determinan cambiar. Lo expuesto sirve para reforzar procedimientos o tareas exitosos. Estos cambios, a su vez, deben tener incidencia en la planificación del mantenimiento. Por ello, se genera un ciclo, el ciclo Deming, del que se habló anteriormente.

La generación de un plan de mantenimiento debe tener claros los postulados enunciados. debe que hacerse a la medida de cada máquina ya que no valen las políticas genéricas. Es en este punto donde se debe identificar el estado del activo y su criticidad. Pues cada activo debe ser sometido a las prácticas correctas de mantenimiento.

Matriz estado criticidad (MEC)

Es una matriz cuadrada de 3 x 3. Las filas representan la criticidad en tres niveles.

1. Muy crítico. No tiene reemplazo o es muy costoso. Posee un gran grado de utilización, afecta a otros procesos, las reparaciones son costosas e insumen mucho tiempo, la no disposición pone en juego la seguridad del personal.

2. Medianamente crítico: El activo puede ser reemplazado en forma parcial o a un costo razonable y afecta otros procesos en forma parcial. Las reparaciones del activo pueden ser medianamente costosas y el tiempo de demora no es demasiado extenso. Por ejemplo si una pala cargadora de capacidad 3 m³ de capacidad de balde, sufre leal desperfecto en su bomba de inyección de combustible, es reemplazada por una de 2 m³, durante 48 horas que puede tardar su reparación. el proceso no se detendrá y la reparación no será excesiva en costo. No obstante el lucro cesante por la falta del activo averiado será siempre mayor.

3. No crítico: El activo posee un reemplazo de características tales que no se genera lucro cesante por producción o la rotura es fácilmente solucionada por métodos adecuados. La improvisación es considerada una práctica inadecuada, aunque a veces se deba recurrir a ella.

Es importante destacar que una rotura puede ser crítica según el programa de mantenimiento a que fue sometida. Por ejemplo en el caso de la pala cargadora de 3m³ de balde, si se dispusiera de una bomba inyectora en depósito, la avería pasaría prácticamente inadvertida. Por ello es menester que se desarrolle otra matriz que es la **Matriz Costo Criticidad (MCC)** que se aplica a componentes de los activos y sobre la que se hablará más adelante.

Volviendo a la MEC, en las filas se representa el estado del activo:

A. Muy bueno / Bueno . Corresponde a activos nuevos overhauleados o con muy poco uso.

B. Regular : El activo tiene un considerable uso (más de 4000 horas. Las fallas pueden ser debidas al desgaste. La reparación general o reemplazo puede avisarse wen el mediano plazo. La confiabilidad es moderada.

C. No crítico: El activo posee un reemplazo de características tales que no se genera lucro cesante por producción o la rotura es fácilmente solucionada por métodos adecuados. La improvisación es considerada una práctica inadecuada, aunque a veces se deba recurrir a ella.

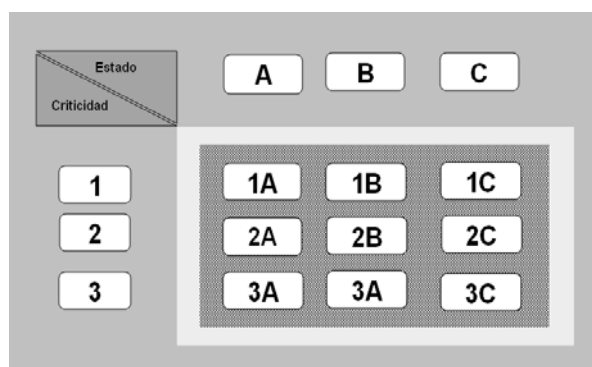


Figura 10

En la figura 10 puede verse la forma de la MEC. Las nueve combinaciones que surgen son lógicas. La fila 1 corresponde a elementos críticos. con estados que van desde bueno a malo. Es en este último caso cuando debe decidirse por overhauled o invertir en un nuevo activo que reemplace al dañado.

La determinación de la criticidad de un activo puede hacerse mediante el estudio de las características operativas. Para ello, debe disponerse de una planilla que contemple los factores que intervienen directamente en esta importante característica. En la figura 11 puede verse una planilla tipo. Es importante notar que esta planilla es un modelo posible y pueden existir otros más acordes a la aplicación industrial que se analiza. Lo expuesto hace a la planificación y al control y, teniendo en cuenta lo que sostuvo Peter Drucker a lo que el autor adhiere en forma total, que solo podrá controlarse lo que se puede medir, es menester darle una medida a la criticidad del activo, pues sobre esta y el estado del mismo, se basará el programa de mantenimiento, y lo que es más importante, tendrá directa gravitación en el éxito de las políticas de mantenimiento y en base a lo expuesto se traducirá en una mayor o menor ganancia de la empresa.

El máximo valor que puede obtenerse con la suma de los 9 ítems es 45 y corresponde a un equipo crítico. Para valores decrecientes la criticidad también disminuye.

Los activos pueden clasificarse según estos intervalos:

- [30; 45] Muy crítico: **1 MEC**
- [29;15] No muy crítico o medianamente crítico: **2 MEC**.
- [14;9] No crítico: **3 MEC**.

Una vez hecha esta clasificación, según la criticidad, resta luego analizar y evaluar. Se entiende por evaluar al acto en el que una vez analizado el estado se asignarle un puntaje, es decir darle un valor permita cuantificar el estado del activo para que luego pueda formarse la matriz estado criticidad y finalmente tomar la decisión de asignar prioridades a los trabajos de mantenimiento Y decidir por las técnicas más convenientes a aplicar a los activos evaluados. De esta manera se generarán 2 planillas cuyos resultados se volcarán en la matriz Estado Criticidad ya definida.

Lo expuesto puede visualizarse mejor si se analiza un ejemplo concreto.

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | PUNTAJE | |
|--|---|---------|------|
| | | ESTD | REAL |
| Grado de utilización | | | |
| 1 | 81% a 100% | 5 | |
| | 61% a 80% | 4 | |
| | 41% a 60% | 3 | |
| | 21% a 40% | 2 | |
| | 0% a 20% | 1 | |
| Equipo de repuesto | | | |
| 2 | No existe | 5 | |
| | Existe pero es difícil de instalar | 4 | |
| | Disponible en otras plantas | 3 | |
| | Disponible en stock | 2 | |
| | Existe otro listo para usar | 1 | |
| Afección a otros procesos | | | |
| 3 | Toda la planta | 5 | |
| | Fuertemente a otros procesos | 4 | |
| | Afecta a su entorno | 3 | |
| | Afecta solo a su instalación | 2 | |
| | no afecta, hay otro en paralelo | 1 | |
| Tiempo de reparaciones | | | |
| 4 | Superior a 1 jornada de 8 horas. | 5 | |
| | Entre 1/2 jornada y 1 jornada | 4 | |
| | Entre 2 y 4 horas | 3 | |
| | entre 1 y 2 horas | 2 | |
| | Menor de 1 hora | 1 | |
| Seguridad del personal | | | |
| 5 | Obliga a usar máscaras anti gases y aislación total | 5 | |
| | Obliga a usar máscaras anti gases y aislación común | 4 | |
| | Obliga a usar máscaras de polvo o vapores y aislación total | 3 | |
| | Obliga a usar máscara de polvo y aislación común | 2 | |
| | Sin máscara y 67 aislación común | 1 | |
| Lugar de trabajo (temperaturas y ventilación) | | | |
| 6 | Temperaturas extremas y sin ventilación | 5 | |
| | Temperaturas extremas ventilado y viceversa | 4 | |
| | Temperaturas medias sin ventilación | 3 | |
| | Temperaturas moderadas sin ventilación | 2 | |
| | temperaturas moderadas con ventilación | 1 | |
| Lugar de trabajo (altura) | | | |
| 7 | Mayor a 6 m | 5 | |
| | Entre 4 y 6 m | 4 | |
| | Entre 3 y 4 m | 3 | |
| | Entre 1 y 3 m | 2 | |
| | Menor de 1 m | 1 | |
| Riesgo eléctrico | | | |
| 8 | Media tensión (1 a 33 KV) | 5 | |
| | Baja tensión (0,22 a 1 KV) | 4 | |
| | Entre 0,060 y 0,22 KV | 3 | |
| | Menor a 0,060 KV | 2 | |
| | Sin Tensión | 1 | |
| Edad del equipo | | | |
| 9 | Mayor o igual a 10 años | 5 | |
| | Mayor o igual a 5 y menor a 10 años | 4 | |
| | Mayor o igual a 3 y menor a 5 años | 3 | |
| | Mayor o igual a 1 y menor a 3 años | 2 | |
| | Menor a 1 año | 1 | |
| Total puntaje | | | |

Figura 11

Antes de ilustrar lo expuesto con un ejemplo, es importante destacar que un activo equipo a mantener, es un conjunto de componentes de diferentes complejidades, por lo que el primer paso a dar será descomponerlo en sub componentes y éstos a su vez en sub-sub componentes, y así sucesivamente hasta llegar a un ítem lo suficientemente simple como para que pueda ser enfocado y analizado correctamente. Este tipo de actividad se conoce como Work Breakdown Structure (WBS) y es de mucha utilidad en muchos campos de la ingeniería y en particular en la administración de proyectos.

Ejemplo:

Elaborar el diagrama de mantenibilidad para un tractor agrícola con las siguientes características:

Marca: VALMET, **Modelo:** 785 del tipo frutero. Motor diesel, año de fabricación 2003, transmisión simple, sobre neumáticos.

Puede verse que como datos, la marca del tractor, el modelo y la transmisión no son suficientes, deben obtenerse la mayor cantidad de éstos, e una manera en que puedan ser manejados y controlados, sino la función del WBS estaría siendo desvirtuada. Para ello se propone el siguiente WBS:

1. MOTOR: Se estudia la unidad propulsora en su totalidad, puede dividirse en:

- Admisión y escape.
- Superior
- Block
- Refrigeración.
- Combustible
- Lubricación

2. SISTEMA ELECTRICO

- Batería
- Motor de arranque.
- Alternador.
- Luces delanteras y traseras.
- Instrumental eléctrico.
- Cableado en general.
- Sistema de protección de motor, si lo hubiera.

3. TRANSMISION

- Embrague.
- Caja de cambios.
- Diferenciales delantero y trasero.
- Multiplicador /reductor.
- Mandos finales.
- Toma de fuerza.

TREN RODANTE

- Ruedas delanteras completas.
- Ruedas traseras completas.
- Mazas de ruedas delanteras y traseras.

4. SISTEMA HIDRAULICO Y DIRECCION

- Dirección hidráulica
 - Sistema de varillaje
 - Conexión a circuitos externos.
 - Enganche de 3 puntos
- 5. CHASIS Y CARROCERIA**
- Cabina.
 - Chapa en general.
 - Chasis propiamente dicho.
 - Barra de tiro.
 - Contrapesos.
- 6. SISTEMA NEUMÁTICO Y FRENOS**
- Frenos de servicio.
 - Freno de estacionamiento.

El WBS puede verse en la figura 12.

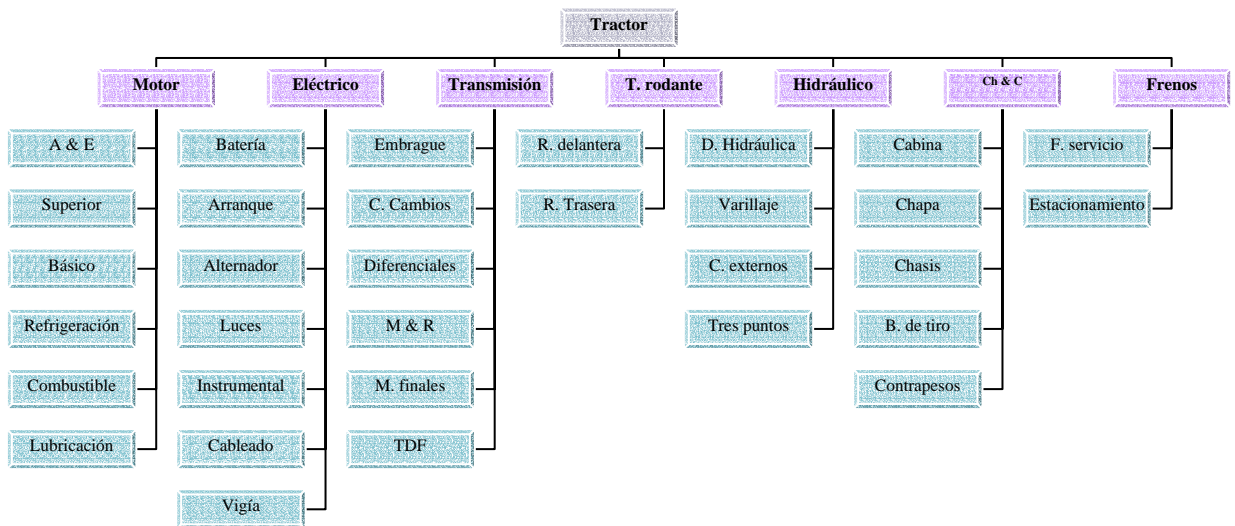


Figura 12

A su vez, cada sub conjunto posee sub conjuntos, véase en la figura 13, donde se analiza parcialmente el sub conjunto Motor:

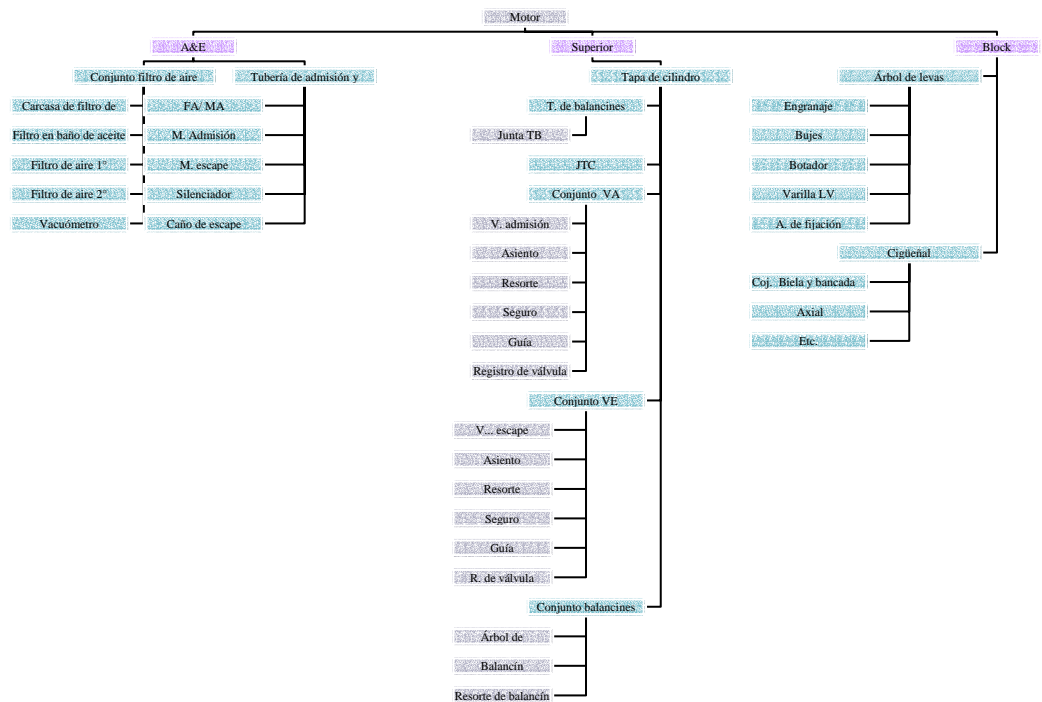


Figura 13

Una vez que se dividió el activo a analizar, conviene especificar los datos de cada sub conjunto de la manera más exacta posible. Para ello debe recurrirse a la ficha técnica que el fabricante debe entregar con el activo.

Antes de proceder a estudiar el conjunto de tareas que constituyen el programa de inspecciones del sistema de mantenimiento programado, es necesario para lograr orden inicial y éxito posterior proceder a ejecutar un trabajo de mantenimiento mínimo, necesario e imprescindible. El que debe estar por labores correctivas sobre los componentes evaluados cuya desatención podría hacer fracasar el sistema de inspecciones de mantenimiento programado. Por lo que antes de comenzar un programa de mantenimiento, se recomienda aplicar un conjunto de tareas correctivas por única vez y así después poder aplicar el programa de mantenimiento programado, según normas y procedimientos.

El mantenimiento correctivo crítico tiene por objetivo mejorar el valor del índice de confiabilidad del sector, planta o activo analizado.

Definición de índice de confiabilidad:

Se denomina sí al valor numérico expresado en porcentaje que indica el estado y condición del activo, sector o planta, respecto de la posibilidad de llevar a cabo las UMS de funcionamiento de producción, su capacidad y posibilidad para el funcionamiento continuo seguro y eficiente.

Para poder determinarse este índice, debe usarse un método de calificación basado en ciertos factores básicos tales como:

- a) **Estado:** El estado en que se encuentran trabajando o terminaron una determinada campaña o tarea: Para ello deben revisarse los registros de novedades

de operación y mantenimiento, inspecciones ejecutadas, informes de mantenimiento predictivo, si los hubiera, inspecciones visuales etc.

b) Edad de la unidad: Existen dos tipos de edades: la edad desde nueva y la edad desde la última recorrida u overhaul. Cuando existen ambas, se usa la segunda denominada DUR (desde última recorrida) o TSO (Time since overhaul).

c) Condiciones del medio ambiente: Es muy importante el lugar donde un activo se encuentra trabajando. Estas circunstancias determinan en gran manera la rigurosidad de las inspecciones, las componentes preventivas de éstas, calidad de materiales a usar, etc.

d) Naturaleza del trabajo: El trabajo puede ser de servicio pesado, liviano o medio: No es lo mismo un tractor que se usa para cortar el césped que otro de la misma marca y modelo empleado para rastrear una extensión de tierra.

e) Condiciones de seguridad: Una máquina puede estar trabajando en condiciones operativas aceptables, pero pueden representar una condición insegura que en el largo plazo podrá aumentar los costos en indemnizaciones, desconfianza del personal, etc. Por ejemplo un acople de un conjunto bomba motor puede estar trabajando sin protector, el riesgo de accidente está latente, quizá por largos períodos de tiempo, no suceda accidente alguno, pero si un día falla y se rompe, si en ese momento, está presente una persona en el radio de acción, seguramente se deberá lamentar una accidente fatal o muy grave.

f) Accesibilidad: si el estado de un componente de un activo se encuentra en condiciones operativas aceptables, pero existe la posibilidad de colapso y el lugar donde se instalará o trabajará es muy agresivo, a de difícil acceso y representará muchas horas de trabajo y por ende de parada de planta o del activo, conviene inspeccionarlo a fondo o restaurarlo cuando no se encuentre en producción con fácil acceso.

Luego de definir estos lineamientos, se dará un puntaje máximo a cada uno de los factores detallados. Véase la figura 14. En la figura 15, puede apreciarse el puntaje acordado para cada componente en función de los 6 lineamientos expresados. Según el estado en que se encuentre el activo, será la puntuación acordada.

| Item | Descripción | Puntaje |
|------|------------------------|---------|
| a | Estado | 154 |
| b | Edad | 76 |
| c | Medio ambiente | 92 |
| d | Naturaleza del trabajo | 115 |
| e | Seguridad | 62 |
| f | Accesibilidad | 62 |

Figura 14

| Ítem | Descripción | | Puntaje máximo | | | | | |
|-------|---------------------|--|----------------|-------|----------------|---------------|-----------|---------------|
| | Ítem | Sub ítem | Estado | Edad | Medio ambiente | T. de trabajo | Seguridad | Accesibilidad |
| 1 | Motor | • Admisión y escape | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,20 | 3,20 |
| | | • Superior | 5,00 | 2,00 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| | | • Block | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,20 | 3,20 |
| | | • Refrigeración. | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,20 | 3,20 |
| | | • Combustible | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,20 | 3,20 |
| | | • Lubricación | 5,00 | 2,00 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| 2 | Sistema eléctrico | • Batería | 2,00 | 1,00 | 1,20 | 1,50 | 0,80 | 0,80 |
| | | • Motor de arranque. | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| | | • Alternador. | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| | | • Luces delanteras y traseras. | 2,00 | 1,00 | 1,20 | 1,50 | 0,80 | 0,80 |
| | | • Instrumental eléctrico. | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| | | • Cableado en general. | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| | | • Sistema de protección de motor, si lo hubiera. | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| 3 | Transmisión | • Embrague. | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,00 | 3,00 |
| | | • Caja de cambios. | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,00 | 3,00 |
| | | • Diferenciales delantero y trasero. | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,00 | 3,00 |
| | | • Multiplicador /reductor. | 5,00 | 2,50 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| | | • Mandos finales. | 5,00 | 2,50 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| | | • Toma de fuerza. | 5,00 | 2,50 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| 4 | Tren rodante | • Ruedas delanteras completas. | 5,00 | 2,50 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| | | • Ruedas traseras completas. | 5,00 | 2,50 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| | | • Mazas de ruedas delanteras y traseras. | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| 5 | Hidráulico | • Dirección hidráulica | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,00 | 3,00 |
| | | • Sistema de varillaje | 5,00 | 2,50 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| | | • Conexión a circuitos externos. | 8,00 | 4,00 | 4,80 | 6,00 | 3,20 | 3,20 |
| | | • Enganche de 3 puntos | 5,00 | 2,50 | 3,00 | 3,75 | 2,00 | 2,00 |
| 6 | Chasis y carrocería | • Cabina. | 3,00 | 1,50 | 1,40 | 2,25 | 2,00 | 2,00 |
| | | • Chapa en general. | 2,00 | 1,00 | 1,20 | 1,50 | 0,80 | 0,80 |
| | | • Chasis | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| | | • Barra de tiro. | 1,00 | 0,50 | 0,60 | 0,75 | 0,40 | 0,40 |
| | | • Contrapesos. | 2,00 | 1,00 | 1,20 | 1,50 | 0,80 | 0,80 |
| 7 | Freno | • Frenos de servicio. | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 |
| | | • Freno de estac. | 1,00 | 0,50 | 0,60 | 0,25 | 0,80 | 0,80 |
| Total | | | 154,00 | 76,00 | 92,00 | 115,00 | 62,00 | 62,00 |

Figura 15

Características del tractor:

El lugar de trabajo es zona tropical, donde las temperaturas son altas, en verano rondan los 40°C, las lluvias en el intervalo Septiembre – Abril son copiosas, llegándose a registrar medias de 1800 mm. Los usos son muy variados, , desde remolcar acoplados y moto pulverizadores a rastrado, nivelado del camino, desmalezado, etc. Cuando trabaja remolcando los moto pulverizadores, el producto que estos aplican a las plantas se deposita también sobre el tractor. Estos productos son corrosivos, al punto que todos los tanques de aplicación y transporte son construidos en acero inoxidable. El tractor solo tiene cabina ROP, por lo que el operario que lo conduce debe estar protegido contra los productos. Posee asiento tapizado con cinturón de seguridad, ambos en buenas condiciones. En cuanto al instrumental, cuenta con tacómetro, horómetro, indicador de combustible, interruptor de faro trasero de trabajo, llave de luces, llave de contacto y arranque, botón de parada, indicador de restricción de filtro de aire, indicador de luces, indicador de baja carga en batería, alerta del TDF, termómetro y un protector de equipo tipo VIGIA , todos funcionando. El tractor tiene 8250 horas desde nuevo y el estado general es bueno. Se describirá cada componente. Véase la figura 16

1. MOTOR

- **Admisión** y escape: el filtro de aire debe ser sustituido, pues ya marca el indicador. Se observa un pérdida de gases en una de las bocas del ME

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Superior: Se escucha un tableteo, posiblemente de válvulas, puede verse una pequeña pérdida de aceite en la JTC. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Block: Posee una mancha en la parte superior, probablemente derivada por el derrame de la TC. En el mantenimiento de 8000 horas, fue medida la compresión en los 4 cilindros no arrojando diferencias mayores al 5% entre el máximo valor medido y el mínimo. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Refrigeración: En la inspección 8000 horas, se cambió el líquido refrigerante, se desmontó el radiador y fue limpiado a fondo. Se cambiaron las abrazaderas. Fue reparada la bomba de agua y el termostato removido. No se colocó otro en su lugar, pues en épocas de muy altas temperaturas, el motor tiende a calentarse. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Combustible: se comprobó la calibración de la bomba inyectora e inyectores. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Lubricación: cada 1000 horas el aceite usado es sometido a análisis espectrográfico, con resultados satisfactorio, debido a estos análisis se decidió no intervenir el motor. |
| <p>2. SISTEMA ELECTRICO</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Batería: nueva |
| <ul style="list-style-type: none"> • Motor de arranque. A las 8000 horas fue cambiado por uno de reserva y se le efectuó una recorrida general |
| <ul style="list-style-type: none"> • Alternador: Ídem anterior. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Luces delanteras y traseras. Funcionando. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Instrumental eléctrico: Ídem |
| <ul style="list-style-type: none"> • Cableado en general: En 8000 horas se repararon los y cambiaron los defectuosos. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de protección de motor: Se probó su eficacia, al colocar su sensor en un recipiente con agua y se lo calentó, a la temperatura de alerta, detuvo el motor. Cuando se trató de poner en marcha el motor sin aceite y no es pudo. |
| <p>3. TRANSMISION</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Embrague: Debido al desgaste, fue cambiado disco y placa. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Caja de cambios: OK, cada 2000 horas se analiza el lubricante. Satisfactorio. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Diferenciales delantero y trasero. OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Multiplicador /reductor: OK. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mandos finales: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Toma de fuerza: OK |
| <p>4. TREN RODANTE</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ruedas delanteras completas: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ruedas traseras completas: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mazas de ruedas delanteras y traseras: Se nota un zumbido en la maza delantera izquierda. |
| <p>5. SISTEMA HIDRAULICO Y DIRECCION</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Dirección hidráulica: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de varillaje: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Conexión a circuitos externos.: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Enganche de 3 puntos: OK |
| <p>6. CHASIS Y CARROCERIA</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Cabina: OK. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Chapa en general.: En buen estado, se notan algunos puntos de corrosión debido al producto de aplicación. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Chasis propiamente dicho. OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Barra de tiro.: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Contrapesos: OK. |
| <p>7. SISTEMA NEUMATICO Y FRENOS</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Frenos de servicio: OK |
| <ul style="list-style-type: none"> • Freno de estacionamiento: OK. |

Figura 16

Según lo descrito en la figura 16, debe evaluarse el equipo. Es decir, asignar los puntajes según los lineamientos dados.

| Motor | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|
| Tractor Valmet 785 C | | | | | | | |
| | Estado | Edad | MA | TT | Seg. | Accesibil. | Total |
| A&E | 7,00 | 4,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Superior | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Block | 7,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Refrigeración | 7,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 2,00 | 3,00 | |
| Combustible | 8,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Lubricación | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Total | 36,00 | 20,00 | 20,00 | 25,20 | 15,84 | 16,80 | 134,00 |
| Máximo total posible | 42,00 | 20,00 | 25,20 | 31,50 | 16,80 | 16,80 | 152,30 |
| Índice de confiabilidad | 85,71% | 100,00% | 79,37% | 80,00% | 94,29% | 100,00% | 51,31% |

Figura 17.

En la figura 17, puede verse el cálculo del índice de confiabilidad del motor, obsérvese que para el índice de confiabilidad del motor en conjunto, no es el promedio de los índices de cada componente, sino su producto, pues la no confiabilidad de uno, involucra a los demás. Este es un criterio que se mantendrá en todos los cálculos. Análogamente con los otros componentes. Figuras 18, 19, 20 y 21.

| Transmisión | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
| Tractor Valmet 785 C | | | | | | | |
| | Estado | Edad | MA | TT | Seg. | Accesibil. | Total |
| Embrague | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Caja de cambios | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Diferenciales | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Multiplicador | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Mandos finales | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| TDF | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Total | 39,00 | 19,50 | 23,40 | 29,25 | 15,00 | 15,00 | 141,15 |
| Máximo total posible | 39,00 | 19,50 | 23,40 | 29,25 | 15,00 | 15,00 | 141,15 |
| Índice de confiabilidad | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Figura 18

| Tren rodante | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|
| Tractor Valmet 785 C | | | | | | | |
| | Estado | Edad | MA | TT | Seg. | Accesibil. | Total |
| Ruedas delanteras | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Ruedas trasera | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Mazas de ruedas | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | |
| Total | 12,40 | 6,50 | 7,80 | 9,30 | 4,96 | 5,20 | 46,16 |
| Máximo total posible | 13,00 | 6,50 | 7,80 | 9,75 | 5,20 | 5,20 | 47,45 |
| Índice de confiabilidad | 95,38% | 100,00% | 100,00% | 95,38% | 95,38% | 100,00% | 86,78% |

Figura 19

| Hidráulico | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
| Tractor Valmet 785 C | | | | | | | |
| | Estado | Edad | MA | TT | Seg. | Accesibil. | Total |
| Dirección | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Varillaje | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Conexiones externas | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | |
| 3 puntos | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Total | 26,00 | 13,00 | 15,60 | 19,50 | 10,20 | 10,20 | 94,50 |
| Máximo total posible | 26,00 | 13,00 | 15,60 | 19,50 | 10,20 | 10,20 | 94,50 |
| Índice de confiabilidad | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Figura 20

Chasis y carrocería

| Tractor Valmet 785 C | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|
| | Estado | Edad | MA | TT | Seg. | Accesibil. | Total |
| Cabina. | 8,00 | 4,00 | 1,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Chapa en general. | 5,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Chasis propiamente dicho. | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Barra de tiro. | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Contrapesos. | 3,00 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | |
| Total | 28,50 | 14,50 | 14,40 | 21,75 | 12,20 | 12,20 | 103,55 |
| Máximo total posible | 29,00 | 14,50 | 17,00 | 21,75 | 12,20 | 12,20 | 106,65 |
| Índice de confiabilidad | 98,28% | 100,00% | 84,71% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 83,25% |

Figura 21

Frenos

| Tractor Valmet 785 C | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Estado | Edad | MA | TT | Seg. | Accesibil. | Total |
| Freno de servicio | 3,00 | 1,50 | 1,80 | 2,25 | 1,20 | 1,20 | |
| Freno de estacionamiento | 1,00 | 0,50 | 0,60 | 0,25 | 0,80 | 0,80 | |
| Total | 4,00 | 2,00 | 2,40 | 2,50 | 2,00 | 2,00 | 14,90 |
| Máximo total posible | 4,00 | 2,00 | 2,40 | 2,50 | 2,00 | 2,00 | 14,90 |
| Índice de confiabilidad | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Figura 22

Finalmente el Índice de confiabilidad total-. Figura 23.

Índice de confiabilidad Total

| Tractor Valmet 785 C | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Estado | Edad | MA | TT | Seg. | Accesibil. | Total |
| Motor | 85,71% | 100,00% | 79,37% | 80,00% | 94,29% | 100,00% | 51,31% |
| Eléctrico | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |
| Transmisión | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |
| Tren rodante | 95,38% | 100,00% | 100,00% | 95,38% | 95,38% | 100,00% | 86,77% |
| hidráulico | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |
| Chasis | 98,28% | 100,00% | 84,71% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 83,25% |
| Frenos | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |
| Índice de Confiabilidad | 80,35% | 100,00% | 67,23% | 76,31% | 89,93% | 100,00% | 85,64% |

Figura 23

Como puede verse, un índice de confiabilidad del 86%, es un muy buen valor. Éste se obtiene promediando el índice de confiabilidad de cada componente del activo. Por lo que, en lo que a la MEC, debe ubicarse en la categoría A.

En cuanto a la importancia crítica, el tractor en cuestión integra una flotilla de 10 tractores empleados en remolcar las máquinas, proveer asistencia logística y, en épocas de uso intensivo, la salida de servicio por períodos prolongados de tiempo (más de 3 días) obliga a alquilar tractores de terceros, lo que no siempre es fácil, pues en épocas de mucho trabajo, estas máquinas escasean, llegando en mas de una oportunidad a pagar importantes recargos sobre las tarifas normales, o atrasar el proceso de trabajo pues se dispondrá de una máquina menos. Esto puede tener consecuencias en la cantidad y calidad de fruta cosechada. Teniendo esto en cuenta, le corresponde criticidad 1.

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | PUNTAJE | |
|--|---|-----------|------|
| | | ESTD | REAL |
| Grado de utilización | | | |
| 1 | 81% a 100% | 5 | X |
| | 61% a 80% | 4 | |
| | 41% a 60% | 3 | |
| | 21% a 40% | 2 | |
| | 0% a 20% | 1 | |
| Equipo de repuesto | | | |
| 2 | No existe | 5 | X |
| | Existe pero es difícil de instalar | 4 | |
| | Disponible en otras plantas | 3 | |
| | Disponible en stock | 2 | |
| | Existe otro listo para usar | 1 | |
| Afección a otros procesos | | | |
| 3 | Toda la planta | 5 | X |
| | Fuertemente a otros procesos | 4 | |
| | Afecta a su entorno | 3 | |
| | Afecta solo a su instalación | 2 | |
| | no afecta, hay otro en paralelo | 1 | |
| Tiempo de reparaciones | | | |
| 4 | Superior a 1 jornada de 8 horas. | 5 | |
| | Entre 1/2 jornada y 1 jornada | 4 | X |
| | Entre 2 y 4 horas | 3 | |
| | entre 1 y 2 horas | 2 | |
| | Menor de 1 hora | 1 | |
| Seguridad del personal | | | |
| 5 | Obliga a usar máscaras anti gases y aislación total | 5 | |
| | Obliga a usar máscaras anti gases y aislación común | 4 | |
| | Obliga a usar máscaras de polvo o vapores y aislación total | 3 | |
| | Obliga a usar máscara de polvo y aislación común | 2 | X |
| | Sin máscara y67 aislación común | 1 | |
| Lugar de trabajo (temperaturas y ventilación) | | | |
| 6 | Temperaturas extremas y sin ventilación | 5 | |
| | Temperaturas extremas ventilado y viceversa | 4 | X |
| | Temperaturas medias sin ventilación | 3 | |
| | Temperaturas moderadas sin ventilación | 2 | |
| | temperaturas moderadas con ventilación | 1 | |
| Lugar de trabajo (altura) | | | |
| 7 | Mayor a 6 m | 5 | |
| | Entre 4 y 6 m | 4 | |
| | Entre 3 y 4 m | 3 | |
| | Entre 1 y 3 m | 2 | |
| | Menor de 1 m | 1 | X |
| Riesgo eléctrico | | | |
| 8 | Media tensión (1 a 33 kV) | 5 | |
| | Baja tensión (0,22 a 1 kV) | 4 | |
| | Entre 0,050 y 0,22 kV | 3 | |
| | Menor a 0,050 K V | 2 | X |
| | Sin Tensión | 1 | |
| Edad del equipo | | | |
| 9 | Mayor o igual a 10 años | 5 | |
| | Mayor o igual a 5 y menor a 10 años | 4 | |
| | Mayor o igual a 3 y menor a 5 años | 3 | X |
| | Mayor o igual a 1 y menor a 3 años | 2 | |
| | Menor a 1 año | 1 | |
| Total puntaje | | 33 | |

Figura 23.

De acuerdo con la evaluación numérica, se ve que el puntaje obtenido es 33, es decir ocupa la ubicación A en la columna de estados de la MEC. Por lo tanto su clasificación es 1A, o lo que es lo mismo, equipo crítico en la producción en muy buen estado de conservación.

No constituye un acto frecuente el encontrarse con equipos de estas características, pero si ya se lo tiene, el principal objetivo es seguir disponiéndolo con las mismas características en la flotilla, por lo que como acciones a tomar puede aconsejarse sin mayor error que el activo continúe con las prácticas que están ejecutando en la actualidad. A modo de refuerzo, puede observarse, en el futuro, una mayor frecuencia en prácticas predictivas, por ejemplo en vez de tomar muestras de aceite a las 1000 horas, una vez que el activo haya alcanzado las 10000 horas de uso, tomarlas cada 750 horas, de esta manera, los desgastes y anomalías podrán seguirse más de cerca y programar adecuadamente las reparaciones o restauraciones de manera que entorpezcan el ciclo productivo.

Como una segunda observación, será importante el estudio de las temperaturas en los componentes del motor, en especial en los 4 cilindros con el objeto de determinar desgastes prematuros y deformaciones en esa zona. Pero en general, la performance del equipo es muy buena.

Los pasos descriptos constituyen una primera etapa del plan de mantenimiento y consiste en identificar la funcionalidad y estado del activo a mantener, teniendo en cuenta las restricciones ya enunciadas y sostenidas. Un programa que no contemple esta etapa tendrá pocas probabilidades de éxito y éste último si se alcanza, corresponderá a hechos aleatorios. Si bien

las tareas de los especialistas en mantenimiento consiste en gran parte trabajar sobre la incertidumbre, no pueden ser inciertos puntos tan importantes como el estado, el nivel de uso y la importancia que tiene en el proceso productivo un determinado activo. Estos son los cimientos o bases en los cuales se apoyarán todas las medidas y tareas que hagan al mantenimiento. Debe tenerse que cada decisión al respecto involucra erogaciones, es decir costos y una remasa de dinero mal asignada, siempre tendrá directa incidencia en la ganancia de una organización.

Rubén Klimasauskas

Autor: **Rubén Eduardo Klimasauskas**

Es Ingeniero Aeronáutico. Universidad Nacional de la Plata.(Argentina)

Project Management: Universidad de Belgrano.

Ingeniería y gestión del Mantenimiento. Universidad Austral.

Maestría en Administración de Negocios: Universidad de Belgrano / Universidad Católica de Salta.

Maestría en Administración de Negocios: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, en curso.

Gestión de Mantenimiento en empresas de producción y servicios:

Universidad Nacional de Mar del Plata. En curso.

Bibliografía:

- ✚ **Lourival Augusto Tavares, “Administración moderna del mantenimiento”.** Novo Polo Publicações, 1999, Río de Janeiro, Brasil.
- ✚ **Edwin Kreyszig: “Matemáticas avanzadas para Ingeniería”,** versión en español de José Hernán Pérez Castellanos, tercera reimpresión, México 1994.
- ✚ **Ken Blanchard & Sheldon Bowles, “Raving fans. A Revolutionary Approach to Customer Service”.** William Morrow and Company, New York, USA. 1993.
- ✚ **Rupert Booth: Como controlar sus gastos generales.** Ediciones Folio SA, España, 1994.
- ✚ **Raúl Tizio: “Filosofía del Mantenimiento Preventivo”.** Sociedad Argentina de Organización Industrial; Buenos Aires 1970.
- ✚ **John Moubay: “Reliability Centered Maintenance”,** Butterworth Heinemann Ltd. Oxford, England, 1991.
- ✚ **Luis Améndola: “Modelos mixtos de confiabilidad”,** Valencia, España, 2002.
- ✚ **Universidad Austral: Apuntes del módulo clase 4 Programa de ingeniería y gestión de mantenimiento.** Buenos aires junio de 2004.
- ✚ **Mohamed Zairi: “Administración de la calidad total para ingenieros”** Primera edición en español, Editorial Panorama, México 1993.
- ✚ **Guillermo Dumrauf: “Finanzas corporativas”** Editorial Guía 2003. Buenos Aires.
- ✚ **John D. Finnerty: “Financiamiento de Proyectos”** Prentice Hall Hispanoamericana SA México 1998.
- ✚ **Rubén Klimasauskas: “Introducción a los conceptos básicos del Mantenimiento Programado”.** 2005 Salta Argentina.
- ✚ **Rubén Klimasauskas: “Mantenimiento en Minería”** Primera y Segunda parte. www.mantenimientomundial.com Mendoza 2007.

- ✚ **Leland T. Blank & Anthony Tarquin. Ingeniería Económica.** Tercera Edición. Mc Graw Hill. 1997.
- ✚ **The Project Management Body of Knowledge's Guide (PMBOK).** Third edition, Project Management Institute, Newtown Square, PA . 2004.
- ✚ **Norma Batlori : Planeamiento estratégico.** Mendoza 2007.
- ✚ Peter Drucker: “Las Nuevas Realidades” Editorial Sudamericana, Buenos Aires 1990.
- ✚ **Eugenio Hernández Cruz & Enrique Navarrete Pérez: “Sistema de Cálculo de Indicadores para el Mantenimiento”** Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales. La Habana Cuba.