

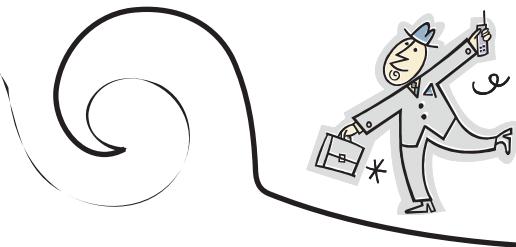


PMM PROJECT MAGAZINE

ISSN 1887-018X - PMM Institute for Learning - Abril 2009

CARTA EDITOR

Dr. Luis Amendola



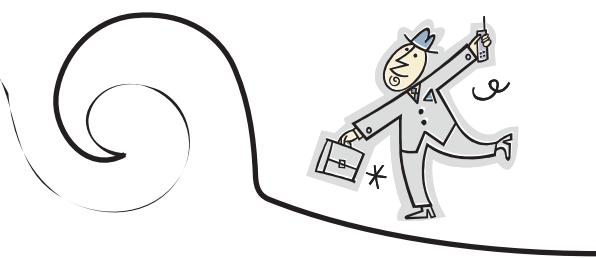
Aprovechar las crisis para el cambio de rumbo

Mis colegas, maestros y profesionales del negocio planteamos grandes estrategias y algunos las escucharon otros NO; que no desoigan ni ridiculicen las propuestas de cambio los mismos que desoyeron y ridicularon las recomendaciones que les hacíamos, convencidos de que un sistema económico guiado por los intereses mercantiles en lugar de por la justicia está abocado al desastre. Ahora, que no juzguen quienes deberían ser juzgados.

Es un hecho que la misión de su empresa u organización debe continuar a pesar de la época fiscal caótica, financiera e incierta de hoy. En este sentido la industria debe moverse adelante con los proyectos críticos que están en curso o bien si es una empresa de manufactura deberá establecer su prioridades y revisar la salud de la misma; ya que, es probable que pudieron haber emergido nuevas prioridades debido a la difícil situación económica. Estas nuevas prioridades pueden requerir que su organización deba iniciar nuevas iniciativas o realizar una serie de acciones todas dentro del contexto del negocio regular.

Es ahora dónde las empresas deben buscar su nicho de negocio, hubo años dónde la industria logró hacer dinero de forma fácil, pero ese tiempo ya ha pasado, ante la globalización, las tecnologías y el surgimiento de mercados emergentes, hay que trabajar más para conseguir los beneficios y para ganar mercado. La realidad es que la industria actual como ha conseguido muchos beneficios ha entrado en una zona confort, al igual que muchos empleados, en dónde en muchos casos no ha buscado mejorar su aparato productivo, optimizar su desempeño y generalmente la gestión del mantenimiento de los activos ha sido vista como un gasto o un mal necesario; lo que ha conducido a que las instalaciones estén obsoletas y que la industria deba invertir altas sumas de dinero para actualizarse ante sus competidores, cosa que debió haber realizado de forma paulatina.





CONSEJO EDITORIAL



Dr. Luis Amendola



Ing. Tibaire Depool



Ing. Jose M. González



Ing. Ricardo Pauro



Lcda. Yannella Amendola



Ing. Gerardo Trujillo



Dr. Francisco Morant



Dr. Ángel Sánchez



Dr. Rafael Lostado



Ing. Lourival Tavares

Editor:

Dr. Luis Amendola. Asesor del PMM Institute for Learning, España. Investigador de la Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Proyectos de Ingeniería, Consultor Industrial en Europa, Iberoamérica y USA.

España. e-mail: luigi@pmmlearning.com

Senior Editor:

Ing. MSc. Tibaire Depool. Consulting & Coaching PMM Institute for Learning. en Iberoamérica, España.
e-mail: tibaire@pmmlearning.com

Editorial Board:

Ing. MSc. José Manuel González : Investigador Industrial Asociado PMM Institute for Learning, España
Director Técnico de Contenidos.
España.

Ing. MSc. Ricardo Pauro: Consultor Senior Latinoamérica & U.S.A Presidente del Grupo de Empresas Pauro & Asociados / Capacitación Empresarial Director de la web: www.mantenimientomundial.com Argentina.

Ing. Gerardo Trujillo: Vice Presidente de Noria Corporation. Director General de Noria Latín América Mexico.

Dr. Francisco José Morant Anglada. Catedrático de Universidad, Investigador del Instituto de Automática Industrial. Grupo de Supervisión y Diagnóstico de Automatismo y Sistema de Control. Universidad Politécnica de Valencia.
España.

Dr. Ángel Sánchez. Director del CEIM (Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento); Asesor Industrial en América latina.
Cuba.

Dr. Rafael Lostado. Director del Máster en Dirección y Administración de Proyectos. Grupo de Investigación en Project Management, Instituto de Economía Internacional. Universidad de Valencia.
España.

Ing. Lourival Tavares. Ingeniero Electricista. Gerente general de PTC - Planeamiento, Entrenamiento y Consultoría Ltda. Fue Director nacional de ABRAMAN (Asociación Brasileña de Mantenimiento)
Brasil.

Graphic Designer:

Lcda. Yannella Amendola: Licenciada en Investigación y Técnicas de Mercado, Ingeniero en Diseño Industrial. Asesor de Diseño PMM Institute for Learning.
España.

COLABORACIONES



{ **ISSN 1 887-018X**
Ministerio de Cultura, España
Centro Nacional Español de ISSN
Octubre, 2006 }

La Revista está abierta a colaboraciones en sus diferentes secciones. Las colaboraciones habrán de enviarse por medio electrónico (e-mail) en formato Microsoft Word.

La extensión de los artículos no sobrepasará los cinco folios A4 a doble espacio, y de contener notas, éstas irán al final del trabajo sin usar mecanismos de procesador de texto o inserción automática de notas.

Las lenguas oficiales de la Revista son las de la Unión Europea. En caso de utilización de una lengua distinta del castellano será necesaria la inclusión de un resumen de 300 palabras del estudio en cualquiera de las otras lenguas oficiales de la Unión Europea.

Está prohibida la utilización comercial de sus contenidos sin permiso escrito de los autores.

Las colaboraciones y correspondencias serán enviadas a la atención de:

Dr. Luis Amendola
luigi@pmmlearning.com

Ing. Msc. Tibaire Depool
tibaire@pmmlearning.com

Ing. Msc. José Manuel González Guilarte
pepe@pmmlearning.com

SUMARIO



[06]

CUADRO DE MANDO INTEGRAL (BSC) EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Dr. Luis Amendola
MSc. Ing. Tibaire Depool
MSc. Ing. José Manuel González
PMM Institute for Learning
España
Asset Management KPI

[21]

TECNICAS Y HERRAMIENTAS DE PRONOSTICO DE FALLOS EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Ing. Aitor Arnaiz, Susana Ferreiro
Responsable unidad tecnologías de diagnóstico y predicción.
Fundación tekniker
España
Diagnóstico y Predicción

[15]

PARADAS DE PLANTAS: 10 ASPECTOS A REVISAR DURANTE LA PRE-PARADA

Ing. Wolfgang Soto
Planificador Estratégico
Venezuela
Turnaround - Overhaul Management

[27]

PRESENCIA GLOBAL

PMM Institute for Learning presente en los eventos del Project Management

[17]

EL VALOR GANADO Y LA EXPLORACIÓN MINERA

Ing. Rubén Eduardo Klimasauskas.
Ingeniero Aeronáutico
Maestría en Administración de Negocios
Gerente de Operaciones
Argentina
Key Performance Indicators (KPI)

[29]

II JORNADAS IBEROAMERICANAS

CUADRO DE MANDO INTEGRAL

BSC EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

{ Amendola, L. (1)(2) , Depool, T. (p)(2),
González. J.M (2)
Universidad Politécnica de Valencia, España
Departamento de Proyectos de Ingeniería e
Innovación (1) PMM Institute for Learning (2)

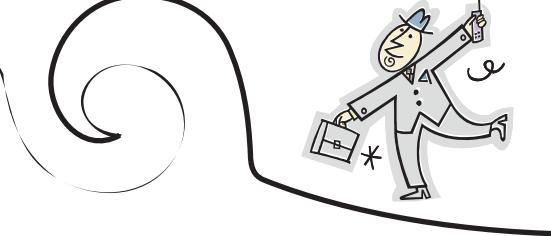
}

RESUMEN

Antes de iniciar queremos que se tome un minuto para responder a la siguiente pregunta **¿Qué es el mantenimiento un Gasto o es un Negocio?**. Para nadie es un secreto que el mantenedor para justificar la implementación de gestión de activos emplea términos muy antiguos como lo son “ahorros”, “perdidas operacionales” ó “costes evitados”. A su vez estos son utilizados como indicadores para justificar el avance y/o performance en la gestión del mantenimiento. Este comportamiento hace que la respuesta a la pregunta anterior sea que el Mantenimiento sea definido como un gasto.

Hoy día la transformación en el mundo de los negocios causada por la globalización, cambios en las economías mundiales, crisis energética, gran demanda de materias primas como el acero y cambios en los modelos de negocio, hacen patente que para la industria no sea suficiente competir solo por el producto que ofrezca (calidad, gran demanda del mercado, innovación, etc.), si no además por lo eficiente que ésta sea con respecto a su cadena de suministro, eficiencia energética, operaciones, su gestión del mantenimiento, su eficiencia financiera y por lo ágil y acertada que sea en sus procesos de toma de decisiones táctico-estratégicas. Es por eso que los directivos del mantenimiento tienen que pensar que es un negocio invertir en el mantenimiento de activos y que su función lejos de ser un gasto es un Negocio. En este sentido como tal éste debe ser gestionado. Es una realidad **“Lo que no se puede medir no se puede gestionar”**.

Toda esta transformación ha llevado a la búsqueda y aplicación de nuevas y más eficientes técnicas, prácticas de gestión y medición del desempeño del negocio del mantenimiento. **¿Cómo atinar a decisiones acertadas en el negocio? y ¿Cómo evaluar la performance de la gestión del mantenimiento?**.



Los indicadores técnico-financieros deben permitir por un lado, identificar cuáles son las estrategias que se deben seguir para alcanzar la visión del negocio en una empresa (un alto desempeño), y por otro lado expresar dichas estrategias en objetivos específicos cuyo logro sea cuantificable, a través de un conjunto de indicadores del negocio. La clave del éxito de una empresa, negocio o corporación, es la de integrar todos sus procesos de forma sostenible guiando su valor hacia el logro de la **META**. En este sentido el objetivo de los KPI's (Key Performance Indicators) es la de integrar los procesos del negocio a través de un diagrama de causa y efecto (Cuadro de Mando Integral “BSC”), establecer estrategias y acciones alineadas al negocio basado en datos.

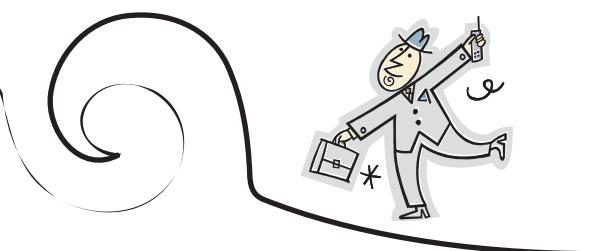
Palabras claves:

Estrategia, Sostenibilidad, Inversión, Negocio, Mantenimiento, Meta, Decisión, Causa y Efecto, Cambio.

01. INTRODUCCIÓN

El éxito competitivo y sostenible de las empresas o negocios está vinculado a la habilidad que éstas tengan para explotar sus activos. En este sentido debido a las transformaciones del mundo de los negocios, han hecho necesario que las empresas para mantener e incrementar su participación de mercado, deban tener claro la forma de cómo analizar y evaluar sus procesos, apostando a la inteligencia del negocio (Business Intelligence).

El mecanismo para tal fin es que la empresa cuente con un sistema de medición de desempeño que integre de forma inteligente los indicadores tanto técnicos como financieros.



Las empresas y organizaciones de mantenimiento miden su desempeño sólo con indicadores técnicos (por ejemplo: **TPPR** “Tiempo Promedio para Reparar”, **TPPF** “Tiempo Promedio para Fallar”, **D** “Disponibilidad”, **U** “Utilidad” y **C** “Confiabilidad”) dejando a un lado los Sistemas de Medición del Desempeño Balanced Scorecard e Indicadores Financieros (**EVA** “Valor Económico Agregado”, **ROI** “Retorno Sobre la Inversión” y **ROCE** “Retorno Sobre el Capital Empleado”).

La Gestión del Mantenimiento día a día está rompiendo con las barreras del pasado, muy lejos ya ha quedado la denominada primera generación del mantenimiento. El nuevo enfoque es la visión integral, de manera que se puedan tomar decisiones inteligentes (abarcando el nivel Operativo, Táctico y Estratégico), dar seguimiento y establecer planes de acción para poder alcanzar el objetivo de la empresa. La gestión del mantenimiento a través de los indicadores técnicos y financieros en la organización, conocidos por sus siglas en inglés KPI's (Key Performance Indicators), son la representación gráfica de la situación del mantenimiento, pero no vista como una **Isla** si no como un proceso integrado al negocio que genera valor, percibido a través de su influencia sobre los indicadores financieros.

Los indicadores técnicos y financieros permiten identificar cuáles son las estrategias que se deben seguir en la gestión del mantenimiento para alcanzar la meta de la empresa y en este sentido dar seguimiento al logro de los objetivos específicos a través de indicadores cuantitativos. Este enfoque representa un proceso de transformación que permite al negocio del mantenimiento adaptarse a las exigencias de los cambios y retos a afrontar en corto, medio y largo plazo.

La orientación es hacia un enfoque sistémico de la importancia del mantenimiento, identificando los roles y necesidades de cada uno de los actores involucrados (stakeholders), lo que conllevan a la reorientación en los esquemas de evaluación de resultados y a la definición de estrategias e indicadores para medir la rentabilidad del negocio.

02. MEDIR CON SENTIDO NO IMPLICA UNA LARGA LISTA DE INDICADORES. ¡VISIÓN DE NEGOCIO! ALCANZANDO VENTAJAS COMPETITIVAS, MERCADO Y SOSTENIBILIDAD

Todos los activos tienen un propósito, lo que involucra a los equipos, a las personas, las habilidades, el conocimiento y la experiencia. El camino para que la empresa alcance su meta, es lograr que todos estos activos hagan lo que se requiere y esto apunta directamente a su “**performance o desempeño**”. Los Asset Managers generalmente poseen formación y/o experiencia técnica en mantenimiento, por lo que comprenden que el desempeño es el objetivo clave. Para ello generalmente emplean alguna forma de medida para guiar sus decisiones y acciones. Estos mecanismos de medición empleados pueden ser a través de mecanismos formales e informales. En este sentido cuando no existe un sistema formal de medición, el desempeño es indicado como bueno, aceptable, pobre, malo u otro rango definido del tipo cualitativo. Estos son generalmente basados en la observación del desempeño a través de la percepción de lo que operaciones o producción requiere. En cambio un sistema de medición formal produce regularmente información en cuanto a los criterios de desempeño de los activos, planta, instalación, equipos, personas, procesos, tecnología.

En este sentido sin una referencia cuantitativa de lo que realmente es requerido por los activos (físicos e intangibles) para el logro de la meta de la empresa, se estaría incurriendo en datos engañosos que contribuiría al uso ineficiente de los activos, a la implementación de estrategias que aunque parezcan elegantes son poco efectivas, así como a la microgestión (se refiere a que se ve al mantenimiento como una isla y no enfocada al objetivo global de la empresa).

El primer paso para la adopción de un sistema formal de medición, es definir los niveles de desempeño requeridos, con el fin de comprender cuál es el desempeño de los equipos, personas, procesos y tecnología (por ejemplo pudiese parecer que la disponibilidad del 80% de una planta es un desempeño pobre si la planta requiere de un 95% para cumplir con los objetivos de operaciones o producción; sin embargo en la realidad y de acuerdo a los objetivos trazados por producción que la planta logre un 75% de desempeño es lo ideal). Los niveles de desempeño deseados deben ser definidos en base a lo que la empresa requiere de sus activos y no en base de la capacidad de diseño de los mismos.

Los sistemas de medición como lo es el BSC “Balanced Scorecard”, resalta los niveles requeridos de desempeño (targets) e integra el conjunto de iniciativas (acciones) que lograrán esos targets. Balanced Scorecard (BSC) consiste en traducir la estrategia en cuatro perspectivas: Cliente, Negocio Interno, Innovación y Aprendizaje y Perspectiva Financiera, sustentadas cada una de ellas en un set de objetivos, indicadores de gestión, metas e iniciativas, interactivamente conectadas en una relación causa-efecto. El BSC parte de la visión y estrategia de la empresa. A partir de allí se definen los objetivos para alcanzar la visión, y éstos a su vez serán el resultado de los mecanismos y estrategias que rigen los resultados con los clientes.

Para que este sistema sea exitoso se debe:

- Definir los niveles de desempeño en base a términos cuantitativos,
- Definir el origen de los datos y fórmulas que alimentarán a estos indicadores con el fin de determinar los actuales niveles del desempeño,
- Definir cuáles serán las acciones a tomar para mejorar los actuales niveles de desempeño (iniciativas).

En ocasiones lejos de emplear en el mantenimiento a los Sistemas de Mediciones para generar ventajas competitivas (de forma proactiva), son empleados generalmente bajo un enfoque correctivo, y bajo la cultura de midámoslo todo “just in case”, mientras más datos mejor, mientras más gráficas elaboradas en powerpoint será mejor, lo que es un camino ineficiente y poco estratégico.

La decisión acertada o no en cuanto a qué es lo que se va a medir es la primera razón por la que fallan la implementación de un sistema de medición. Sin una clara identificación del desempeño deseado así como las razones para éste; el resultado será la generación de una lista muy larga de indicadores, muy alejada de ser un sistema balanceado de indicadores (SBI “Personas, Procesos, Cliente, Finanzas”) y que generalmente no se conectan con los indicadores financieros.

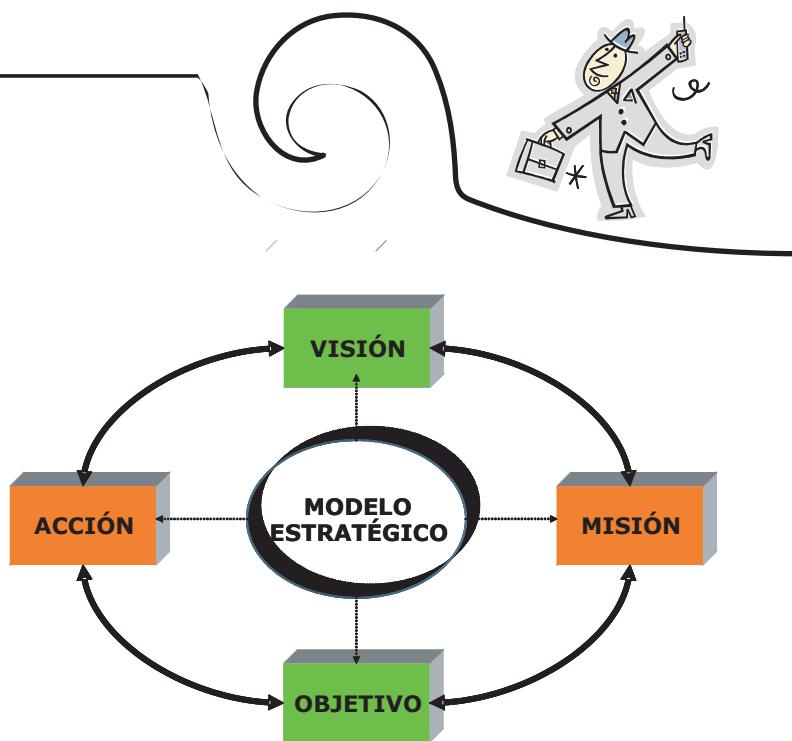


Figura 1. Sistema Balanceado de Indicadores.

03. LOS KPIS “KEY PERFORMANCE INDICATORS”- PISTAS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Los KPIs o indicadores de gestión no son la varita mágica para resolver nuestros problemas de gestión, tampoco el simple hecho de definirlos asegurará el éxito de la gestión del mantenimiento, los KPIs no dan respuestas, ellos establecen preguntas y dirigen la atención. Cada persona involucrada en la gestión del mantenimiento (Gestión Operativa, Gestión Táctica y Gestión Estratégica) tiene influencia en los KPIs y los objetivos de la empresa o negocio. En este sentido los KPIs deben ser comprendidos de tal manera que la calidad de los datos que alimenten a éstos sea con sentido y no sólo para cumplir con una mera actividad administrativa.

La selección apropiada de los indicadores para la gestión del mantenimiento *“se hacen propias con el apoyo de todas las personas involucradas en el éxito de la gestión del mantenimiento”*, debido a que pueden influenciar en el funcionamiento del mantenimiento, y si son utilizados con eficacia por los involucrados conduciría a la mejora continua de los procesos.

El aspecto vital para seleccionar los indicadores apropiados en la función del mantenimiento, se obtiene cuando los objetivos de esas medidas tienden a motivar a los que tengan la capacidad para influenciar en las tomas de decisiones, que darán lugar a un funcionamiento mejorado de la gestión de mantenimiento de activos. Ésto es difícil de conseguir si no se cree en las medidas o bien si no se comprenden.

- ¿Qué medir?
- ¿Porqué medir?
- ¿Qué se requiere de la gestión del Mantenimiento?
- ¿Cuál debe ser mi performance? y ¿Para qué?
- ¿Cuáles son los objetivos del negocio?
- ¿Qué datos alimentarán a estos indicadores?

- ¿Cómo interpretar los valores de los KPIs?
- ¿Cómo lo estoy haciendo?
- ¿Estoy dando lo esperado?
- ¿Qué acciones debo activar para alcanzar el desempeño requerido?

- Mejora Continua
- Visión de Negocio
- Gestión

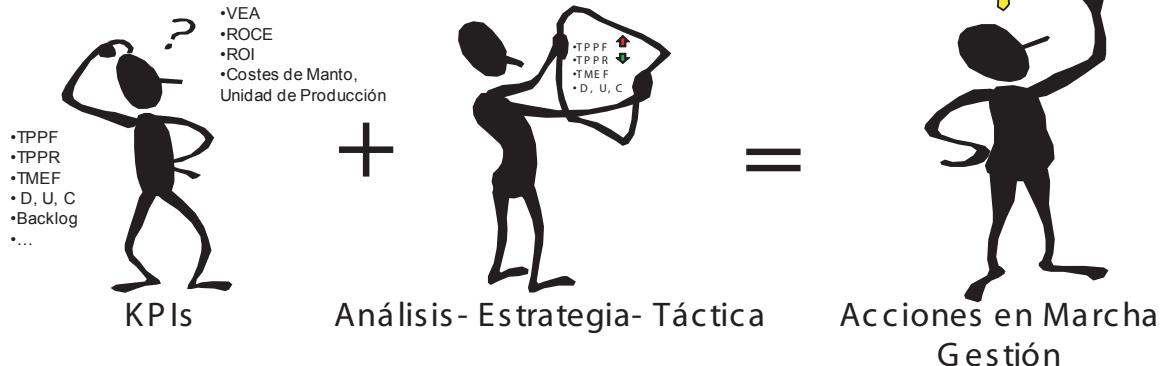


Figura 2. Esquema para la Mejora de la Conciencia del Personal Definición de las Medidas del Desempeño del Mantenimiento y su Interpretación.

3.1 Una medida sin un Objetivo Final no Tiene Sentido.

El proceso de definir y calcular los indicadores está estrechamente relacionado con el mejoramiento o mejoría. Las observaciones que se realizan para detectar las debilidades técnicas o de la organización para fortalecerlas y por otra parte ver los puntos fuertes para preservarlos y explotarlos. Las primeras nociones pueden resultar estresantes, por lo que hay que verse como un todo, un bucle de control para la toma de decisión y la acción.

Para cumplir con nuestro propósito, definiremos indicador como una variable o un grupo de variables calculadas de acuerdo a una fórmula específica, las cuales son características de un fenómeno y que podemos por lo tanto medir sus cambios.

SBI (Sistema Balanceado de Indicadores) sólo tiene sentido en el amplio contexto como un esfuerzo para mejorar la ejecución global en una herramienta de producción. El primer objetivo de los **SBI** sería por lo tanto, medir el impacto del negocio del mantenimiento en la eficacia de la instalación para identificar entonces los problemas técnicos y de organización.

Ellos posteriormente hacen posible monitorizar el progreso acumulado como resultado de las medidas implementadas.

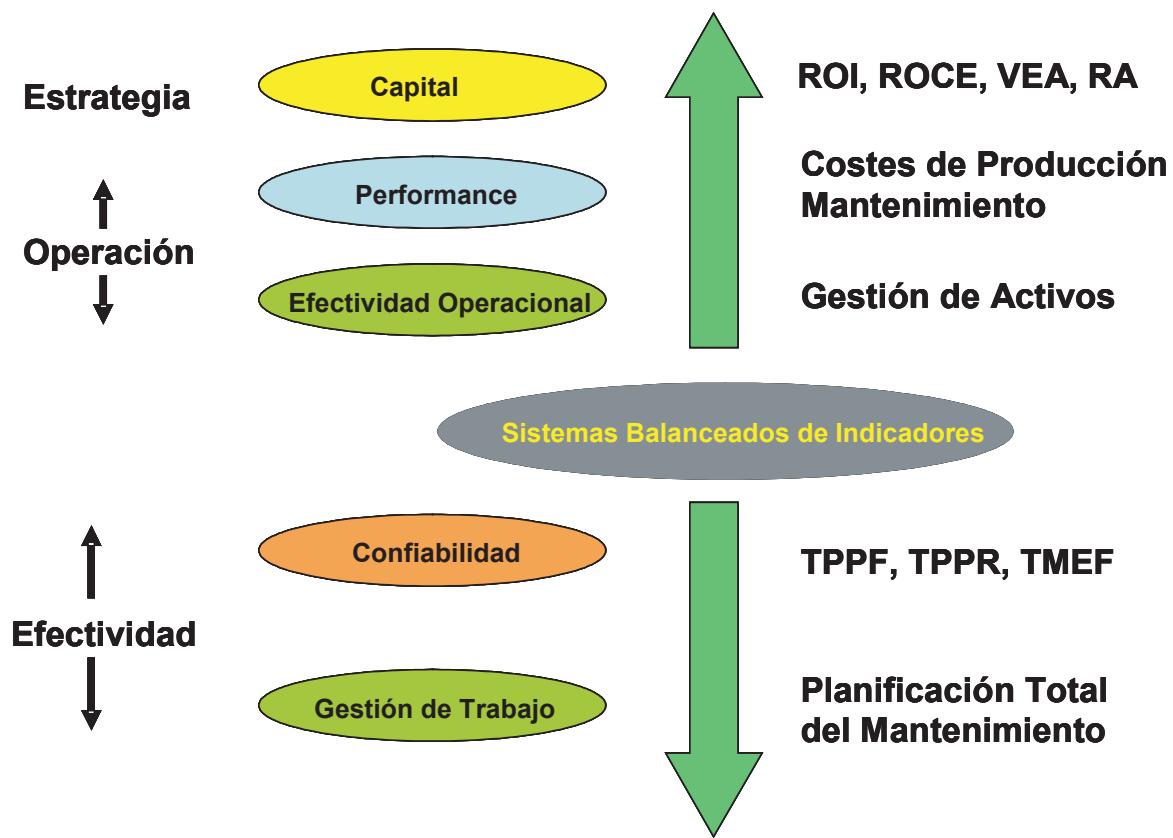
“NO PUEDES GERENCIAR LO QUE NO PUEDES MEDIR”.

SBI tienen mucho más beneficios y se pueden usar como argumentos para justificar el valor añadido del Mantenimiento cuando se le relaciona con la gestión del negocio, y para asegurar los presupuestos necesarios. También sirven para motivar al “staff”, a realizar asignaciones precisas, calificadas y razonables a los objetivos de producción.

Los indicadores técnicos financieros asociados al **Sistema Balanceado de Indicadores (SBI)**, el **VEA** (Valor Económico Agregado), la Rentabilidad sobre Activos, el **(ROCE)** (Retorno sobre Capital Empleado) y la Rotación de Activos **(RA)**, Retorno sobre la Inversión (ROI), Tiempo Promedio para Fallar **(TPPF)** – Mean Time To Fail (**MTTF**), Tiempo Promedio para Reparar **(TPPR)** – Mean Time To Repair (**MTTR**), Disponibilidad, Utilización, Confiabilidad, Tiempo Promedio entre Fallos **(TMEF)** – Mean Time Between Failures (**MTBF**); aparecen como la mejor medida para la creación de valor financiero en una empresa. De acuerdo con la doctrina económica, una empresa agrega valor cuando la ganancia obtenida es capaz de cubrir todos sus costes, incluyendo el coste de capital.



**Figura 3. Estrategia de los Sistemas Balanceado de Indicadores
(Amendola, Luis)**



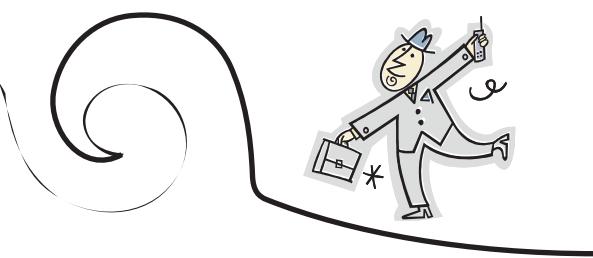
Todos estos indicadores son sensibles a variaciones en los activos invertidos para el proceso productivo, bien sea como gastos operacionales, como capital, o relacionado con activos fijos. Normalmente, los indicadores técnicos financieros se aplican en el ámbito de las Unidades Operacionales donde los egresos por mantenimiento pueden reflejarse como parte de los costes operacionales, como inversión de capital, o inclusive como extensión de la vida de los activos fijos.

04. LOS INDICADORES TÉCNICO FINANCIEROS

Los indicadores técnicos que están relacionados con la calidad de gestión del mantenimiento permiten ver el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, además miden la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) es un valor esperado o medio del tiempo para la variable aleatoria de fallo. Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado, y es el recíproco de la tasa de fallo en una distribución exponencial de la variable aleatoria del tiempo de fallo.

El Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Dicho de otra manera, el TPPR mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por una falla, dentro de un período de tiempo determinado, y considerando al tiempo de fallo igual al tiempo para reparar.



Disponibilidad (D) se define como la capacidad del equipo o instalación para realizar una función requerida bajo condiciones específicas sobre un período de tiempo determinado, asumiendo que los recursos externos requeridos son suministrados. Es un indicador determinístico que traduce los resultados de las acciones de mantenimiento a un índice combinado para un equipo o sistema. Se basa en la pregunta, "¿Está disponible el equipo en condiciones de trabajo cuando se le necesita?". Se utiliza el análisis de disponibilidad para obtener una solución que permita establecer los requisitos para la confiabilidad y la susceptibilidad de mantenimiento. Es útil para determinar cifras significativas del equipo o sistema en sí, como las de frecuencia y tipo de ocurrencia de fallos, posibilidad de reparación (tiempo de reparación activa) y análisis de trabajos de mantenimiento.

Utilización (U) también llamada factor de uso o de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un período determinado.

Confiabilidad (C) es uno de los principales atributos que determinan la efectividad de un equipo o sistema. Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema desempeñe satisfactoriamente la función que se requiere de él, bajo condiciones específicas de operación, durante un período de tiempo determinado.

La tendencia actual es la consideración de los indicadores financieros en el desempeño del negocio del mantenimiento, que merecen atención relevante. La importancia de invertir para crear valor futuro, y no solamente en las áreas tradicionales de desarrollo de nuevas instalaciones o nuevos equipos sino en el mantenimiento de los activos existentes, ésto nos lleva a contemplar la implementación de indicadores económicos en la gestión de activos del mantenimiento.

Valor Económico Agregado (VEA) es el producto obtenido por la diferencia entre la rentabilidad de sus activos y el coste de financiación o de capital requerido para poseer dichos activos. Es una de las mejores medidas de la creación de valor financiero en una empresa, por lo que una empresa agrega valor cuando la ganancia obtenida es capaz de cubrir todos sus costes, incluyendo el coste de capital. Representando un fin de ganancia económica real producida para una empresa en un período determinado e indicado la eficiencia con que se han manejado todos los activos operacionales.

Retorno sobre la Inversión (ROI) es un estimado del beneficio (el "retorno") sobre el dinero gastado (la "inversión") en una alternativa en particular, y consiste en determinar los beneficios, calcular los costes y resumir los resultados.

Retorno sobre Capital Empleado (ROCE) se calcula expresando la rentabilidad antes del pago de intereses e impuestos como una proporción del total del capital empleado en el negocio. Este indicador presenta una perspectiva global del estado financiero del negocio, y brinda un punto de partida para un análisis del desempeño del negocio y un parámetro con el cuál comparar la performance global del mismo.

05. ¿CÓMO VISUALIZAR EL PROCESO DE MEJORA CONTINUA?

La mejora de la gestión de mantenimiento puede visualizarse como un sistema de control en que todo debe controlarse y optimizarse cuidadosamente (Figura. 4). Así como otras áreas funcionales en el control de proceso, la gestión del mantenimiento tiene un impacto directo de la ejecución "overhauls" (Mantenimiento Mayor en la instalación) y turnarounds (Paradas de Plantas).

El proceso (Figura.4) consiste en definir y evaluar los indicadores, algunos dirigidos a la ejecución (disponibilidad, costos, confiabilidad, utilidad, seguridad, personas, calidad, etc.), mientras otros son específicos de las actividades del mantenimiento (porcentaje del número de horas gastadas en mantenimiento preventivo, costo de outsourcing, etc.). La medición tardía de los costos de trabajo y distribución, recursos logísticos utilizados (material y recursos humanos), organización y métodos.

Algunas actividades sin embargo, no son fácilmente medibles y su evaluación cualitativa se hace a través de cuestionarios y/o entrevistas que son útiles en la obtención de una información cualitativa, objetiva a partir de los indicadores

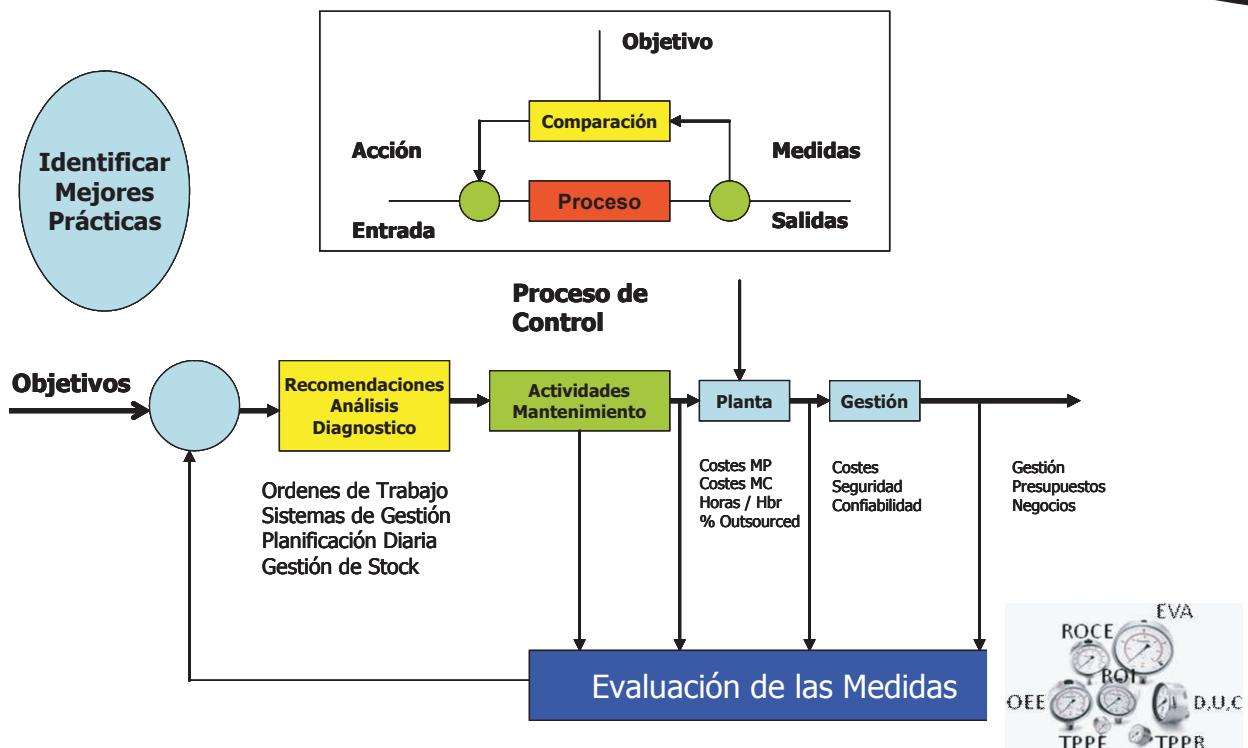


Figura 4. Proceso de Control para las Mejoras de Actividades del mantenimiento
(Amendola, Luis)

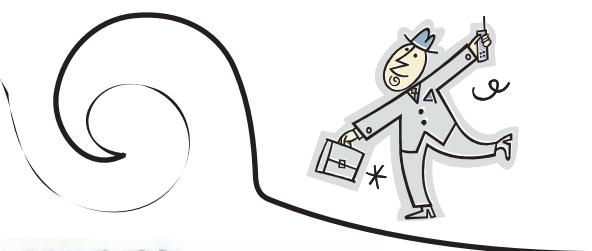
También, es de notar que en la práctica actual, algún disgusto puede llevarse cuando aplicamos Benchmarking en algún sitios de la planta, da miedo que se eleve a un nivel en el cuál podría sesgar las diferencias en el contexto industrial o en la definición de los indicadores, las condiciones de operación, tecnologías, etc. Además las buenas prácticas deben adaptarse generalmente para permitir la diversidades en la organización y en la cultura funcional. La comparación de los indicadores de un sitio a otro debe verse como una experiencia y no como un ranking para la mejora del negocio del mantenimiento.

06. BMM BUSINESS MAINTENACE MODEL DE PMM INSTITUTE FOR LEARNING

Nuestra filosofía de trabajo consiste en lograr que a través del Balanced Scorecard se logre la integración real de los procesos, a través del cual se pueda monitorear el desempeño del Negocio del Mantenimiento. Esto permite por un lado proporcionar el desempeño requerido y por otro trazar estrategias a medio y largo plazo que logre la rentabilidad de la empresa ante los cambios de las economías y modelos a nivel mundial.

Nuestro Modelo del Negocio del Mantenimiento (BMM) (ver figura 5), se basa en modelos mixtos de gestión que busca la continuidad del negocio a través de la Integración de Procesos, Mejores Prácticas, Nuevos Desarrollos, Gerencia y Sostenibilidad. Éste enfoque se apoya en un enfoque colaborativo entre las disciplinas de TOC (Teoría de las Restricciones), Project Management, Asset Management y el Balanced Scorecard.

El objetivo fundamental es asegurar que los objetivos del mantenimiento estén alineados a la meta del negocio considerando todas las áreas involucradas en la gestión del mantenimiento de activos. La aplicación de la estrategia debe convertirse en un plan dirigido a fortalecer los indicadores financieros del negocio, mejorando la forma de trabajo y cultura de la empresa. La implementación debe ser medida y monitorizada con base a indicadores específicos y debe ejecutarse bajo un equipo guía de alto nivel donde los avances sean conocidos por toda la empresa.



BMM (Business Maintenance Model) Asset Management

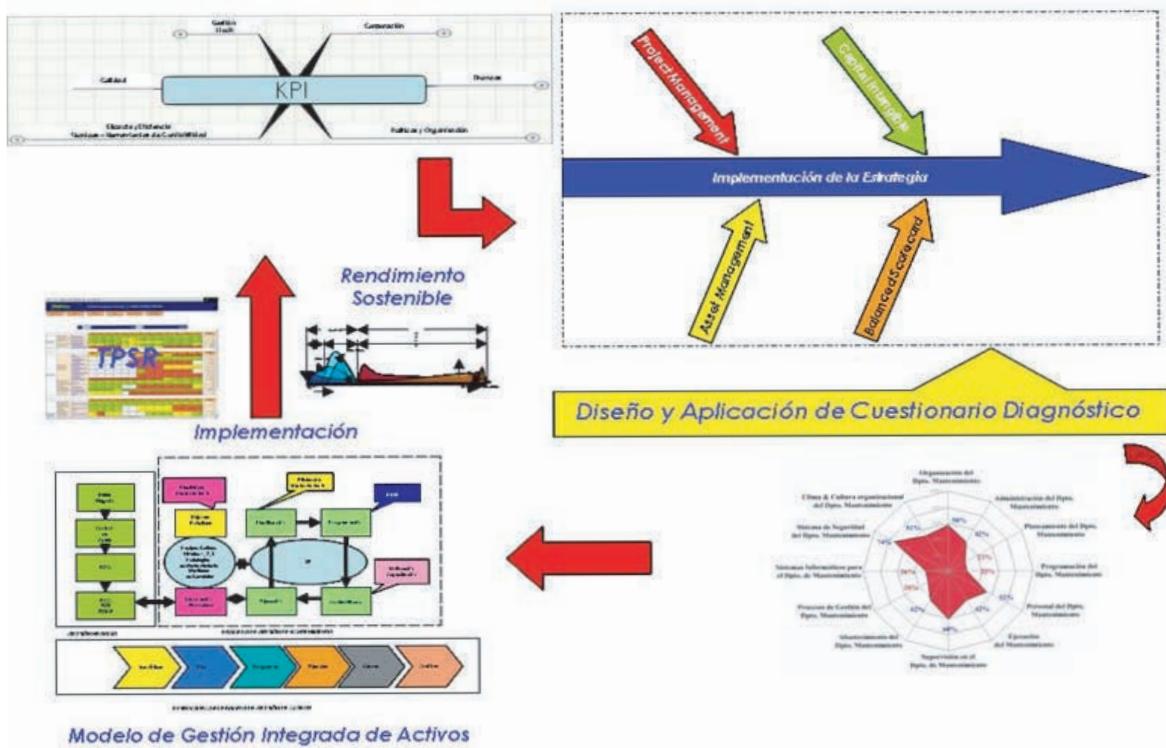


Figura 5. Modelo del Negocio del Mantenimiento PMM Institute for Learning
(www.pmmlearning.com)

El diseño del plan establece inicialmente una visión de lo que se persigue y cuando se debe alcanzar dicha visión (Un análisis estratégico), posteriormente, se establecerán los planes de acción (Implementación de la estrategia) para lograr la visión, objetivos y los impactos financieros que se persiguen. Se especifican las prácticas o iniciativas específicas que se implementarán y cómo. Se informará a todo el personal sobre la visión y los planes. Se definirán los indicadores para establecer metas concretas y para medir el progreso. Se identificarán recursos y personal responsable para acometer acciones específicas y el tiempo concreto para lograrlas. Se revisará periódicamente el avance y se retroalimentara a todo el personal.

La estrategia contempla el cumplimiento de los planes de mantenimiento, permitiendo asegurar los activos de la empresa, la confiabilidad, la seguridad, la capacidad productiva y su valor como activo del accionista. La estrategia de mantenimiento como negocio, esta dirigida a aumentar el valor, asegurar el retorno de inversión y a maximizar las ganancias sobre los activos, con este modelo las decisiones se orientan a soportar planes y acciones para crear valor sobre el ciclo de vida de los activos.

Finalmente como conclusión se puede afirmar que basado en los indicadores se pueden establecer las oportunidades de mejoras que sustentan la inversión de los recursos. El VEA (Valor económico agregado) = Ingreso – Egresos – Costos Capital; es el que define la estrategia en conjunto con los otros indicadores (ROI, ROCE) y BSC en el negocio; con el objetivo de analizar los indicadores técnicos de equipos para establecer las áreas donde los ingresos pueden ser mejorados con las acciones de mantenimiento y donde los egresos pueden ser disminuidos y el uso de capital optimizado. La estrategia nos lleva a estimar el impacto del VEA, Figura 6. Basado en los indicadores se puede establecer las oportunidades de mejoras que sustenten la inversión en recursos, promoviendo el análisis de sensibilidad de los indicadores para determinar cuales iniciativas generaría el mayor retorno sobre los recursos invertidos en sustentárlas.

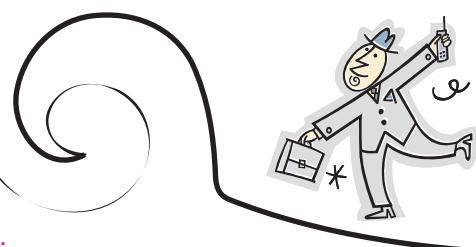


Figura 6. Relación entre los Indicadores Técnicos y Financieros.

	VEA	ROCE	RENTABILIDAD	RETORNO SOBRE ACTIVOS	COSTES MANTTO. UNIDAD PRODUCCION
DISPONIBILIDAD	↑	↑	↑	↑	↓
CONFIABILIDAD TPPF	↑	↑	↑	↑	↓
TPPR	↓	↑	↑	↑	↓
UTILIZACION	↑	↑	↑	↑	↓
CAPACIDAD EFECTIVA	↑	↑	↑	↑	↓

07. REFERENCIAS.

- [1] Amendola, L.; "Sistemas balanceados de indicadores en la gestión de activos", 2 do Congreso Mundial de Mantenimiento, Brasil, Curitiba, 2004.
- [2] Amendola, L.; "Strategies of maintenance management as investment return", 17 th European Maintenance Congress, Barcelona, Spain, 2004.
- [3] Amendola, L.; Balanced Scorecard en la gestión del mantenimiento, Artículo publicado, Web www.mantenimientomundial.com, www.confiabilidad.net, 2004.
- [4] Amendola, L.; "Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento", Artículo publicado, Web www.mantenimientomundial.com, 2003.
- [5] ISO (The International Organization for Standardization), Norma ISO/DIS 14224 "Petroleum and gas natural industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment". 1997.
- [6] Kaplan, R., Norton; D., "Cómo utilizar el Cuadro de Mando Integral", 2000. Editorial Gestión 2000.
- [7] Kaplan, R., Norton, D., "Cuadro de Mando Integral - The Balance Scorecard" 1997, Editorial Gestión 2000.
- [8] Kaplan, R., Norton, D., "Having trouble with your strategy? Then Map It", Harvard Business Review, September-October 2000.
- [9] Kaplan, R, Norton, D.; "The Balanced Scorecard measures that drive performance" Harvard Business Review. USA. 1992.
- [10] Mather, D., The Maintenance Scorecard, Creating Strategic Advantage, Marzo 2005.
- [11] Norton. D.; "Building A Management System to Implement Your Strategy," Renaissance Solutions. USA. 1996.
- [12] Porter, Michael, "What Is strategy," Harvard Business Review. 1996.

Luis Amendola,

Engineering Management, Ph.D. Consultor Industrial e Investigador del PMM Institute for Learning y la Universidad Politécnica de Valencia España, Cuenta con una dilatada experiencia en la industria del petróleo, gas, petroquímica y empresas de manufacturas, colaborador de revistas técnicas, publicación de libros en Project Management y Mantenimiento. Participación en congresos como conferencista invitado y expositor de trabajos técnicos en eventos locales e internacionales en empresas y universidades. Europa, Iberoamérica, U.S.A, Australia. www.pmmlearning.com ; e-mail: luigi@pmmlearning.com ; luiam@dpi.upv.es

José M. González,

Msc. Ing. Investigador Industrial PMM Institute for Learning, Valencia – España. Agosto 2007 a la fecha. Planes estratégicos de mantenimiento para la industria de energía e investigador asociado en el proyecto de energía eólica con la Universidad Politécnica de Valencia, España CENIT 2007-2010. Desde 1999 hasta Agosto 2007. Líder de Planificación, Programador de Mantenimiento de Activos en Plantas Procesos y Servicios en la Industria del Petróleo, Gas y Petroquímica. www.pmmlearning.com. e-mail: pepe@pmmlearning.com

Tibaire Depool,

MSc. Ing, Production Management. PMM Institute for Learning; España, Consulting & Coaching en empresas de manufacturas a nivel local e internacional. Experiencia industrial en Project Management y Asset Management sector energético. Expositora de trabajos técnicos en eventos locales e internacionales en empresas Iberoamérica, EU y USA. www.pmmlearning.co. e-mail: tibaire@pmmlearning.com

PARADAS DE PLANTAS

10 ASPECTOS A REVISAR DURANTE LA PRE-PARADA

Ing. Wolfgang Soto
Planificador Estratégico y Táctico
Paradas de Planta & Overhaul
Venezuela

Los problemas están en los detalles. Esto se traduce como que, si no le damos la importancia adecuada, ellos se volverán contra nosotros, produciendo problemas no deseados y transformándose en pérdidas de tiempo valiosas, extensión en la ruta crítica y retrasos innecesarios en los trabajos planificados.

Los siguientes 10 aspectos deben estar en la lista de chequeos del responsable de la parada de planta, pues su adecuada atención en cuanto a logística y planificación, eliminará esos "demonios" no deseados al momento de iniciar la parada.

01. USO DEL ESPACIO FISICO DEL TRABAJO.

Delimitar el espacio de trabajo es importante si se desea restringir el paso de personal en áreas restringidas. Asegúrese de que tiene en sus manos un "layout" del área total de trabajo de la planta y sus adyacencias, (tomando en cuenta la clasificación de áreas de riesgo de las mismas) donde están marcadas las secciones que usted quiere delimitar. Las cintas o postes de demarcación deben usarse para:

- Limitar la entrada y/o salida de personal en áreas clasificadas ó bien por razones de seguridad.
- Delimitar el paso de vehículos pesados y su estacionamiento, el lugar donde trabajarán las contratistas y/o cuadrillas especiales.

02. COBERTURA DE POLIZAS DE SEGUROS COLECTIVOS DE LAS CONTRATISTAS.

Al momento de designar las empresas de servicios que nos apoyarán durante la parada, es importante tener la claridad de que las pólizas de seguros de las mismas tengan la cobertura deseada para el periodo de tiempos de la parada. Deben cubrir los posibles riesgos de seguridad, ambiente y patronal de su personal, así como cualquier legalidad relacionada a "pleitos" entre terceras partes, daños mayores o eventuales pérdidas de vida no deseadas durante su permanencia en la planta.



03. BAÑOS DE EMERGENCIA Y DUCHAS LAVAOJOS.

En caso de que tanto el personal propio como contratado sea elevado, la cantidad de los baños y duchas lavaojos de emergencia deben incrementarse. Para ello es necesario conocer los existentes en planta, y en caso de requerirse adicionales, estos pueden rentarse. Asegúrese de tener en sus manos los certificados del fabricante y colocarlos estratégicamente una vez que conoce las áreas de trabajos.

04. CONTROL DEL TRAFICO PESADO Y GUIAS DE RUTAS.

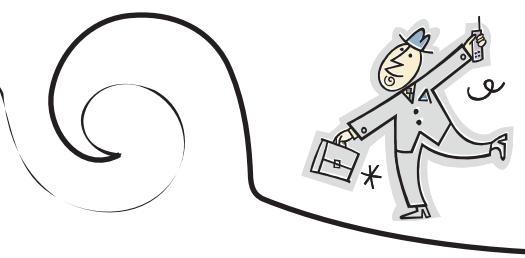
El flujo de personal y de maquinarias pesadas debe evaluarse usando la técnica del "peor de los casos". Para ello se debe conocer con antelación las rutas, entradas y salidas, vías de tránsito y de evacuación a usar durante la parada. La designación de individuos como guías de tráfico y de evacuación y como su conocimiento por parte del personal contratista, es de vital importancia.

05. REPARACION DE PAVIMENTOS Y PROPIEDADES DE LA PLANTA.

En el contrato de las empresas de servicios deben incluirse cláusulas que cubran las reparaciones por daño a pavimentos y facilidades que hayan sido usadas por sus trabajadores o equipos durante la parada.

06. PERMISOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION Y/O MODIFICACION DE EDIFICACIONES.

En caso de que se requiera, toda la permisología legal de la localidad debe estar cubierta antes de comenzar la parada. Esto diminuirá significativamente los retrasos.



07. MANEJO DE LOS DESECHOS.

Todos los desechos generados deben ser manejados de acuerdo con la permisología de la localidad y procedimientos para tal fin. Asegúrese de que la disposición final de los mismos sea la adecuada y que todas las legalidades del caso sean cubiertas por usted y por las empresas contratistas.

08. PERSONAL IDÓNEO.

Es de sumo interés tener en acción al personal idóneo para ejecutar los trabajos planificados. En lo posible, se debe:

- Realizar exámenes previos de competencia a los candidatos a ocupar las categorías de ejecución por especialidad, igual que al personal supervisorio a contratar.
- Probar la habilidad de los mismos en trabajos previos ó en contrataciones previas a la parada. Esto debe proveerse en el presupuesto asignado.

09. TALLERES EXTERNOS DE CONTRATISTAS.

La inspección previa en sitio (en conjunto con los especialistas de ejecución) a los talleres a contratar es punto clave de éxito. Se debe asegurar que poseen:

- Los recursos necesarios para realizar los trabajos encomendados de acuerdo a los alcances previos establecidos.
- Un sistema de control de calidad y por ende, una certificación del trabajo realizado.
- Facilidad de acceso vial y de comunicación.
- Planes de contingencia para cumplir con los trabajos encomendados en caso de cualquier "fuerza mayor".

10. USO Y CONTROL DE ANDAMIOS.

Se debe tener definidas las áreas donde se construirán los andamios y tener procedimentados su ejecución, al igual que el programa de trabajo de los mismos.

Pero antes, se debe haber revisado el estado de sus componentes, la cantidad, ubicación y almacenaje, así como las herramientas asociadas y arneses usados por el personal de andamiaje, sin olvidar cumplir con la permisología asociada.

Y por último recuerde:

Usted es el responsable del éxito de la parada de planta, no tenga esto como un secreto, si tiene plantas vecinas hágaselo saber a sus colegas, pues de allí puede venir la ayuda que más podría necesitar durante el tiempo de ejecución de la misma.

REFERENCIAS

AMENDOLA, Luis. (2004) Aplicación del Project Management en la Gestión de Paradas de Plantas, Ingeniería y Gestión de Mantenimiento Industrial, Nº 36 ISSN, 1695-3754 España.

AMENDOLA, Luis. (2006) integración Estratégica para la Dirección y Gestión de los procesos de Paradas de Plantas, MANTENIMIENTO. España, ISSN Nº 0214-4344 España.

DURAN, José. (2003) Gerencia Industrial y las decisiones de reemplazo. 1er. Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento.

Wolfgang Soto,

Ingeniero de Mantenimiento, 27 años laborando en la Industria Petroquímica Venezolana, colaborador de revista técnicas, participación en congresos de mantenimiento, y desde 1985 planificando, ejecutando y controlando paradas en plantas procesadoras de poliestireno y polipropileno.

EL VALOR GANADO

Y LA EXPLORACIÓN MINERA

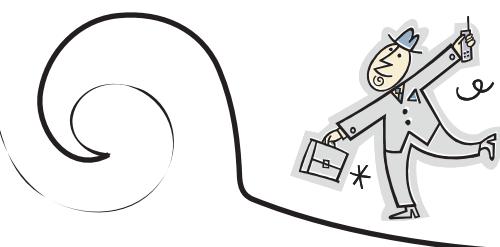
{ Ing. Rubén Eduardo Klimasauskas
Ingeniero Aeronáutico
Argentina }

INTRODUCCIÓN.

Este trabajo pretende ser una guía del uso del método del Valor Ganado o Earned Value en la exploración minera. Está destinado para aplicarse en empresas de exploración, pero sin mayores dificultades, puede utilizarse en organizaciones que posean un área de exploración, con la salvedad que el uso debe estar limitado al área específica. Si bien esta técnica es de uso frecuente en la Administración de Proyectos o Project Management, es decir aplicable a proyectos de inversión, las operaciones de empresas que ofrecen el servicio de perforación poseen varias similitudes con proyectos de manera que el VG puede adaptarse sin mayores inconvenientes. Además logra complementarse con métodos de control de gestión como el Cuadro de Mando Integral (CMI) o Balanced Score Card (BSC), pues los resultados esperados de cada proyecto deben estar de acuerdo con la visión, estrategia y objetivos de la organización. Por otra parte, el uso del VG no se limita solamente a analizar hechos pasados, sino que puede usarse para predecir futuras situaciones. Una de las razones que lo convierten en una herramienta muy útil y poderosa.

El objeto de este paper está enfocado claramente en la aplicación puntual de una técnica de administración de proyectos a una actividad operativa claramente definida de la industria minera en la fase de exploración. Los conceptos vertidos no son válidos necesariamente en la etapa de operación productiva.

En el desarrollo de esta publicación se han tenido en cuenta los aspectos económicos financieros de la exploración, realizándose notables simplificaciones u omisiones de los técnicos de manera de poder ilustrar la aplicación de los conceptos específicos lo más claramente posibles, sin entrar en detalles que hacen a la concepción técnica del trabajo específico de exploración.



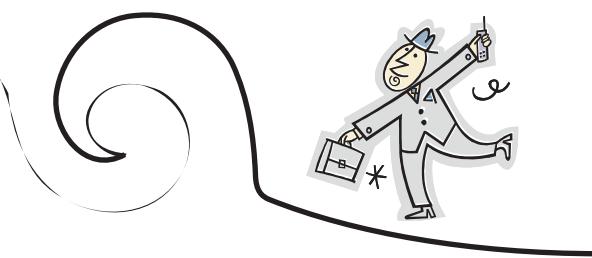
OPERACIONES Y PROYECTOS DE INVERSIÓN.

Conceptos importantes: Antes de comenzar de lleno con el tratamiento del tema que hace a esta obra, conviene recalcar 2 conceptos importantes, que hacen a las erogaciones en las organizaciones.

- Los gastos insumidos en la retribución de factores de la producción, se denominan costos operativos según el período considerado, así se obtienen los Costos Anuales Operativos. La característica más importante de éstos es que se consumen durante el ejercicio o cada ciclo productivo.
- La adquisición de bienes y servicios, tales como inmuebles, máquinas, instalaciones, estudios de factibilidad, etc. no se consumen en un solo ciclo productivo, sino son utilizados reiteradamente durante numerosos ciclos sufriendo una pérdida gradual de valor, que para los bienes de uso se denomina depreciación. Esta adquisición o conjunto de adquisiciones, se denomina inversión o proyecto de inversión.

RELACIONES ENTRE LAS OPERACIONES Y LOS PROYECTOS.

- Todos los insumos de bienes, servicios y recursos en general que se usan para la instalación, montaje y puesta en marcha de un activo o bien de uso, mientras éste no haya sido entregado y puesto en funcionamiento en forma satisfactoria por el destinatario o cliente, forma parte del proyecto de inversión. Una vez que la planta entró en régimen permanente, o el cliente dio su conformidad formalmente, se cierra el proyecto y los costes de operación, mantenimiento, administrativos, etc. pasan a engrosar la lista de los costos operativos. No antes, pues se está gastando en un bien que no se sabe si realmente podrá mejorar, aumentar, o permitir la aprobación de una determinada norma, según se trate.



COINCIDENCIAS ENTRE OPERACIONES Y PROYECTOS DE INVERSIÓN.

- Son ejecutados o supervisados por personal de la organización.
- Los recursos son escasos y deben administrarse adecuadamente.
- Las operaciones y los proyectos se Planifican y controlan cronograma costos o como el EVA analiza y vincula ambos parámetros.

DIFERENCIAS ENTRE OPERACIONES Y PROYECTOS.

- Los proyectos son temporarios, poseen un inicio y un final. Las operaciones se repiten indefinidamente en el tiempo. En la figura 1 pueden verse las etapas de un proyecto.

El nivel del esfuerzo que representa la ordenada del gráfico, se refiere al nivel de actividades del Gerente de Proyecto, es decir al nivel de gerenciamiento, de densidad de gerenciamiento que se requiere en cada una de esas fases.

Fase 1: Corresponde a la planificación de un proyecto, en la que se observa una primera en la que hay que establecer datos, cuáles son los objetivos del proyecto, identificar cuáles son los stakeholders y analizarlos, establecer un primer nivel de enfoque de riesgo del proyecto, estrategias de abordaje del proyecto y definir un equipo potencial que se requiere para cumplimentarlo, identificar alternativas, estimar los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, presentar el resultado de los estudios a los sponsors para obtener la autorización correspondiente. Esta fase es una etapa de estudio donde intervienen especialistas, que generalmente provienen del exterior de la organización. Las tareas del gerente se refieren a controlar y dirigir estos estudios y presentarlos luego con las conclusiones a quienes autorizarán el proyecto.

Fase 2: Es la fase de desarrollo, donde debe hacerse una planificación más detallada del proyecto, y definir alternativas. Es acá donde se desarrolla el plan definitivo del proyecto, se establecerá el plan maestro del proyecto.

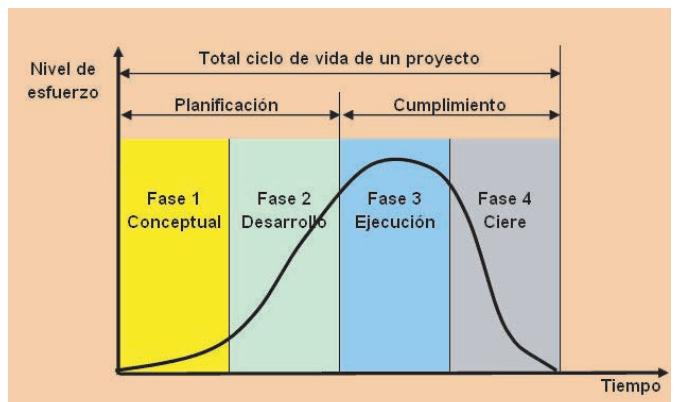
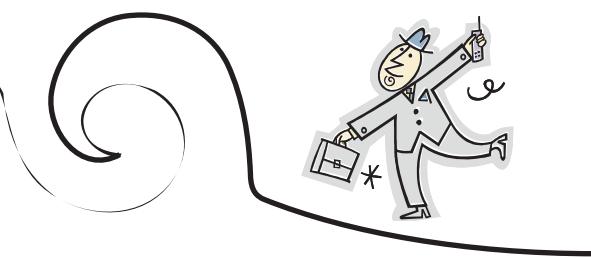


Figura 1

El nivel del esfuerzo se centrará en designar los miembros del equipo, conducir una serie de estudios para desarrollar las líneas de base del producto final, las de estándar de calidad, las de recursos y actividades, debe hacerse el presupuesto de tiempo y actividades, definir políticas, procedimientos y el enfoque de riesgo del proyecto. Este plan debe ser presentado nuevamente a los sponsors para obtener la aprobación. La diferencia entre ambas etapas es que la primera constituye la factibilidad del proyecto a grandes rasgos y la segunda posee estimaciones y definiciones.

Fase 3: Representa el paso de organización o de implementación, o de ejecución del proyecto, en la cual debe establecerse una organización, un equipo abocado a la producción de entregables (team building), establecer el esquema de comunicación del proyecto para tener coordinados e informados a los stakeholders, definir los entregables del proyecto en cada una de sus etapas, los cronogramas detallados, obtener los recursos, tantos bienes como servicios que se requieren para cumplir con el proyecto, costos y sistemas de control. Producción de entregables y control de los recursos empleados.

Fase 4: Denominada de terminación o cierre, hay que terminar los productos, hacer todas las inspecciones, revisiones, y pruebas de aceptación de los entregables. Hay que transferir la responsabilidad de los productos a los clientes, evaluar y documentar resultados, liberar los recursos y procurar la asignación del equipo del proyecto a otras tareas.



- Los proyectos son únicos, no existen dos proyectos idénticos. Lo mismo vale para los productos o servicios que se crean a través del proyecto. Las operaciones son trabajos repetitivos y rutinarios y salvo casos aislados y particulares, no difieren en el tiempo. Esto último vale siempre que no se tomen medidas espectaculares como por ejemplo, la ampliación de una planta o un cambio de tecnología en determinado proceso. En estos casos también variarán las operaciones, pero en el régimen permanente, estas son rutinarias y, sino idénticas, muy similares.
- Los recursos materiales de las operaciones se consumen en el ejercicio, mientras que los proyectos deben disponer de recursos en forma independiente del ejercicio, es en cambio directamente dependiente del tiempo de duración del proyecto. Existen emprendimientos de varios años (varios ejercicios fiscales) o de días o meses.

AMORTIZACIONES Y DEPRECIACIONES.

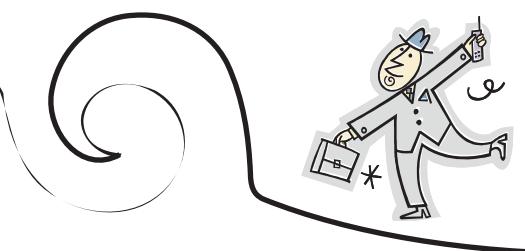
- El término “depreciación” tiene exactamente la misma connotación que “amortización”, pero el primero se aplica al activo fijo ya que con el uso estos bienes valen menos, es decir, se deprecia.
- Amortización solo se aplica a los activos diferidos o intangibles. Por ejemplo, si se ha comprado una marca comercial, esta con el paso del tiempo no baja o se deprecia, por lo que amortización significará el cargo anual para recuperar esa inversión.

LA EXPLORACIÓN MINERA.

El ciclo de exploración comienza con una requisición por parte del cliente, el contratista deberá cotizar el trabajo solicitado. Generalmente, consta de 2 etapas, una general donde se estiman precios de acuerdo a las condiciones y pedidos del clientes y la final en la que se establecen en forma contractual a través de un contrato de servicios en el que debe acordarse los sistema de perforación escogido, máquinas que serán afectadas, metraje total del proyecto y su correspondiente fraccionamiento en pozos de determinada longitud, precios, avances, penalidades, cláusulas de seguridad, cuidado del medio ambiente, etc.

La cotización puede hacerse de varias maneras, por ejemplo aprovechando experiencias o conocimientos adquiridos en otros proyectos, viajes especiales que ayuden a cotizar de la manera más exacta el emprendimiento, etc. Constituye las etapas 1 y 2 del ciclo de vida de un proyecto. Es acá donde el contratista de perforación, deberá prever todos los recursos que van a necesitarse en toda la obra, tales como transporte, alojamiento durante los viajes de ida y regreso y toda necesidad que no haya sido incluida en el contrato, pues en el caso de alojamiento es de práctica común que en el proyecto corra por parte del cliente, lo que no quiere significar una regla. Luego comienza la etapa de ejecución, que a su vez consta de 3 sub etapas:

- Movilización: Incluye todos los preparativos y procesos que abarcan desde que aceptado el contrato por parte del cliente, deben llevarse a cabo para dirigirse todos los equipos y personas al lugar donde se materializarán la exploraciones propiamente dichas. Se excluyen de este paso las movilizaciones internas, esto son los traslados que deben hacerse cuando se termina un pozo y pasa a otro que indique el cliente. Estos forman parte del paso siguiente. Generalmente para esta sub etapa, se acuerda un costo por movilización a llevarse a cabo en un período de tiempo (se está hablando de días).
- Perforación: Una vez que el convoy de perforación ha llegado al lugar, comienza este período que es el que más controla el cliente, pues hace a la esencia del proyecto y el futuro éxito de la posible operación minera. No debe olvidarse que en el contrato se especifican los avances mínimos diarios y en base incumplimiento de estos términos pueden generarse multas por no cumplimiento, o bien, la rescisión del contrato con los correspondientes perjuicios para el contratista. Es acá donde se deberán producir los entregables que pueden ser los metros perforados con sus correspondientes mediciones, si el cliente solicitó ambos servicios, los consumos de herramientas y aditivos de perforación y demás novedades, períodos de traslado de pozo a otro, mantenimiento, etc.



La aceptación de los entregables parciales durante el período de ejecución propiamente dicho, concepto que se detallará y definirá a continuación, debe hacerse de la manera más clara y rápida posible, es decir mediante la elaboración de un parte de perforación de frecuencia diaria que deberá ser confeccionado por el contratista y aprobado por el cliente a través de su firma. El parte de perforación es el documento que permitirá al contratista facturar y cobrar los servicios según la periodicidad acordada con el cliente. Esta sub etapa termina cuando el contratista finalizó con las operaciones de perforación (cumplimiento de los metros perforados) y aceptados formalmente por el cliente. Representa la Fase 3 del ciclo de vida del proyecto.

- Desmovilización: A diferencia de las dos sub fases anteriores, el control por parte del cliente, puede decirse que es nulo, pues su interés por la labor realizada por el contratista termina cuando éste abandona el predio del cliente y este último avaló la correcta finalización de los trabajos de perforación y / o medición, según lo especificado en el contrato. Los papeles se invierten, pues el contratista es el primer interesado en que el convoy llegue a tiempo y en buenas condiciones para disponer de los equipos propios para un nuevo proyecto y devolver los equipos y servicios alquilados. Al igual que la movilización se estima su duración y se acuerda el precio con el cliente.

En la figura 2 puede apreciarse el nivel de esfuerzo en función del tiempo durante la concreción del emprendimiento de perforación. El cierre del proyecto se efectúa cuando las máquinas y personas involucradas en la operación se hallan disponibles para otro emprendimiento. El nivel de esfuerzo de la etapa del cierre, se centran en ejecutar y / o supervisar las tareas relativas al cierre, tales como reparaciones de equipos, devoluciones de activos alquilados, pagos de premios, etc. Lo importante es que el momento la finalización, no deben quedar cuentas pendientes. Caso contrario se estarán distorsionando los costes.

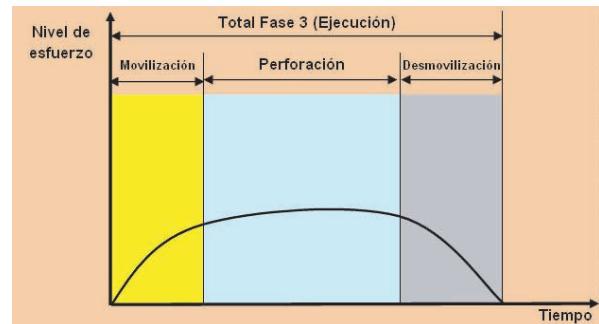


Figura 2

De acuerdo con lo visto, puede decirse que las operaciones en la exploración minera, completan un ciclo, pues se arrancó con la movilización, que generalmente parte de la base de la empresa de perforaciones y termina cuando la comitiva regresó a la base o a otro emprendimiento de exploración. Por otra parte, no existen dos emprendimientos iguales, por lo que las operaciones en exploración minera, a diferencia de muchas actividades, tienen un comienzo y un final. Para este caso, pueden aplicarse técnicas de administración de proyectos a operaciones.

Rubén Klimasauskas,

Especialista en Ingeniería, mantenimiento y operaciones ocupando diferentes posiciones técnicas y gerenciales como Gerente de operaciones, Jefe de servicios e ingeniería, Titular de servicios mineros cordillera., Gerente de servicio de Cummins Argentina S.A., Superintendente de servicios de Compañía Minera Aguilar S.A, publicaciones de artículos técnicos en congresos y revistas técnicas de prestigio internacional en el área de mantenimiento y proyectos. e-mail: rubenkli@yahoo.com.

TECNICAS Y HERRAMIENTAS DE

PRONOSTICO DE FALLOS EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Aitor Arnaiz, Susana Ferreiro
Responsable Unidad Tecnologías de
Diagnóstico y Predicción. Fundación Tekniker
Avd. Otaola s/n. 20600 - EIBAR
aarnaiz@tekniker.es



RESUMEN

En la actualidad, el concepto de con-fiabilidad se ha convertido en el foco principal de atención dentro de los objetivos de operación y mantenimiento en cualquier tipo de actividad, ya sea una flota de transporte, una planta de producción, o un parque energético. Teniendo este objetivo presente, existen una serie de técnicas que se emplean en la optimización de todo el ciclo de vida de un activo, tanto para la mejora en el diseño de nuevas generaciones de productos, como, sobre todo, para la mejora en el uso de las plantas (operación y mantenimiento).

Dentro del ámbito del mantenimiento, se suelen mencionar tanto metodologías RCM (Mantenimiento centrado en fiabilidad) como las CBM (Mantenimiento Basado en Condición), pero cada vez tienen mayor relevancia tecnologías que están enfocadas en examinar, de manera estadística, los datos disponibles, tanto de fallos como de parámetros de condición y operación, para poder inferir (predecir) la vida remanente de los activos.

Este artículo pretende dar una visión general de estas tecnologías, la distancia entre ellas y su posible utilidad dentro de la empresa, sobre todo en mecanismos de fallo por degradación. Entre las tecnologías a analizar se contempla la predicción basada en fiabilidad, la proyección de datos de condición, el concepto de vida remanente, el pronóstico y su valoración, o la integración de datos de fiabilidad y condición en un análisis conjunto.

Por último, se pretende indicar también los requerimientos a tener en cuenta para poder implementar estas herramientas dentro de una estrategia de mantenimiento predictivo.

01. INTRODUCCIÓN

Los imperativos del mundo industrial actual llevan a muchas organizaciones a incorporar visiones estratégicas de operación marcadas por términos como 'lean-maintenance', 'six-sigma' o producción 'just-in-time', que corresponden a paradigmas que buscan la respuesta rápida al mercado, así como la disminución de los defectos y del material de deshecho generado.

Aunque las últimas encuestas de mantenimiento (AEM, 2005) revelan que las estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo son, hoy por hoy, la principal forma de abordar el mantenimiento, un aspecto necesario para poder llevar a cabo estas estrategias de operación es el uso de técnicas de predicción, en donde es posible establecer una ventana de tiempo en donde la probabilidad de fallo es mínima, es de gran utilidad para maximizar el beneficio de cualquier empresa, ya que sirve para

- Optimizar la vida de muchos activos,
- Optimizar el tiempo de operación.
- Optimizar el tamaño de los stocks

Por otro lado, también es evidente que cada vez existe un mayor número de información disponible acerca de fallos. Las 2 últimas décadas han visto el nacimiento de 2 tecnologías (Internet, telefonía móvil) que han planteado un enorme cambio sobre los conceptos de gestión de datos. Hoy en día, la gran mayoría de los datos extraídos en trabajos de mantenimiento se almacenan en soporte informático, y la interconexión de distintas fuentes de datos, tanto para compartir datos sobre una misma máquina, como para aprovechar datos similares de grandes series de máquinas, es una realidad, tal y como se demuestra en SINTEF (2002).

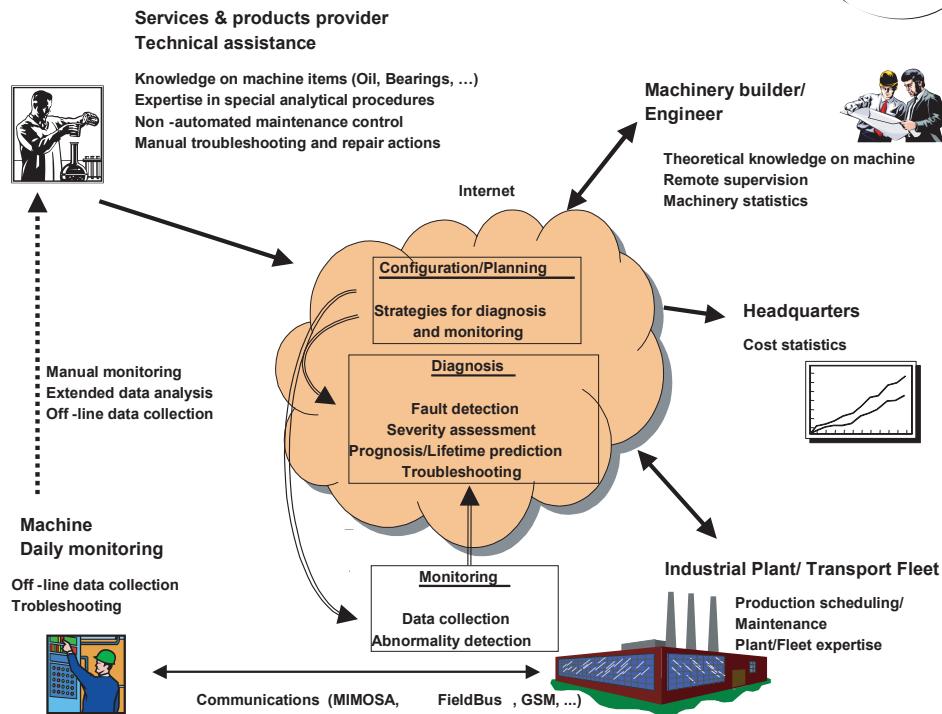


Fig. 1. El número de fuentes de información que pueden estar disponibles para la mejora del proceso de mantenimiento es muy amplio. [Arnaiz et al. 2004]

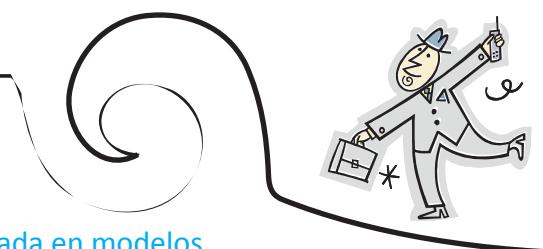
Para poder sacar el máximo provecho de todos estos datos, existen cada vez más procedimientos y herramientas basadas en conceptos de fiabilidad y estadística para el aprovechamiento de datos. Mientras que otros procedimientos basados en fiabilidad como el análisis de Pareto, Jackknife, RCM (Reliability centered maintenance) o RBI (Risk based Inspection) están centrados en la selección de componentes a mantener y el tipo de acciones de mantenimiento a ser tenidas en cuenta, las nuevas tecnologías se centran en la predicción de fallo para optimizar la acción de mantenimiento recomendada y procurar así una mejora global en la fiabilidad, disponibilidad y costes de mantenimiento de la máquina: Mejorar los intervalos de reemplazo preventivo, establecer frecuencias de inspección de equipos, ...

02. MODELOS DE FALLO Y FUENTES DE DATOS

Es posible señalar 2 grandes tipos de mecanismos de fallo (Langseth, 1998)

- **Degradación.** El mecanismo de fallo evoluciona con el tiempo de operación, de tal forma que es posible recoger –de forma directa o indirecta- alguna indicación de dicha evolución. Normalmente se genera un fallo crítico si no es ‘corregido’ a tiempo. Ejemplos: fallos mecánicos (fugas, vibración, defectos mecánicos), deterioro materiales (fatiga,..), contaminación
- **Fallo súbito.** Se produce un fallo crítico de manera súbita, sin indicadores que permitan anticipar el fallo. Ejemplos: fallos instrumentación, eléctricos, etc.

Por otro lado, a la hora de plantear el control y supervisión de fallos, se puede establecer como punto de partida la realización de un mantenimiento preventivo, que en muchos casos es ineficiente tanto en costes como en prevención de fallos. Para poder superar esta estrategia, es necesaria la utilización de más información. Esta información viene muchas veces en forma de datos de operación y funcionamiento, y fundamentalmente se puede destacar la existencia de 2 fuentes de datos principales.



Datos de condición

Datos basados en parámetros de condición de la maquinaria (condition monitoring) o también de la operación de la máquina (performance monitoring). Ha sido la fuente principal de información para la mejora del mantenimiento preventivo en problemas relacionados con la degradación

Datos basados en fiabilidad

También llamados estadísticos, están relacionados directamente con los fallos existentes en un grupo de máquinas, y donde también pueden aparecer parámetros relacionados con la operación.). Ha sido la fuente principal de información para la mejora del mantenimiento preventivo en problemas relacionados con los fallos súbitos.

Es importante destacar que las tecnologías más conocidas a nivel de mantenimiento han sido las relacionadas con los parámetros de condición de la maquinaria. Por ejemplo, (AFNOR, 2001) incluye como estrategia más avanzada el mantenimiento basado en la condición.

Sin embargo, la información de fiabilidad cada vez se tiene más en cuenta dentro de las estrategias de mantenimiento, como se puede ver en la figura inferior con respecto a las propuestas de mantenimiento que existen hoy en día en la industria aérea.

Además de estos tipos de información, existe información complementaria que puede provenir de diferentes fuentes.

Información basada en modelos

Según Byington et al (2002) se pueden establecer 3 niveles de modelado de un problema de pronóstico en base a la información disponible. Mientras que la información de fiabilidad y de condición formaría parte del primer y segundo nivel (respectivamente) existe un tercer nivel basado en información de modelos (ya sean físicos o matemáticos) que permiten un conocimiento muy alto del comportamiento de un componente dentro de unas condiciones de operación dadas.

Información operacional

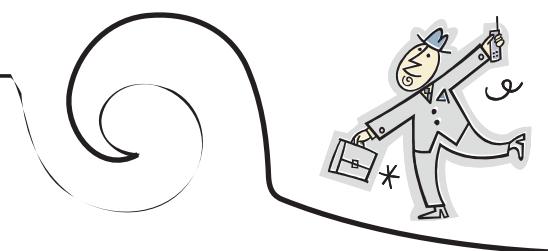
En muchos casos, el pronóstico realizado a partir de cualquier tipo de datos (fiabilidad, condición, modelos) se puede ver afectado por las condiciones de operación, en donde desviaciones de modos de operación estándar llevan a modos de degradación o tasas de fallo súbito muy diferentes. Es por tanto interesante conocer el uso estimado de cualquier componente en el futuro antes de hacer una predicción..

Otros tipos de información

Existen también otros tipos de información que, sin estar directamente implicados en el pronóstico de fallo, si que tienen cierta relación. Es el caso de la información de costes (económicos, riesgo, etc.) que resultan indispensable en el momento de la toma de decisiones con respecto a un pronóstico dado, o la información de experiencia o heurísticos (en fiabilidad se suele utilizar el término 'juicios expertos') que es en muchos casos utilizada como fuente de estimación de datos probabilísticas, aunque puede haber más aplicaciones.

	Reactive		Proactive		
Category	Corrective		Preventive	Predictive	
Subcategory	Unscheduled	Deferred	Scheduled	Prognostic	Condition-based
Trigger	Fix when it breaks	Fix within a certain time	Schedule	Estimated life time (statistical data)	Current and projected health assessment (measured data)
Method	Failure detection	Failure detection, MEL	Inspect, Overhaul	Forecast of remaining equipment life	Condition Monitoring

Fig. 2. Distinción de estrategias de mantenimiento en la actualidad (ref: TATEM)



Para poder sacar el máximo provecho de todos estos datos, existen cada vez más procedimientos y herramientas basadas en conceptos de fiabilidad y estadística para el aprovechamiento de datos. Mientras que otros procedimientos basados en fiabilidad como el análisis de Pareto, Jackknife, RCM (Reliability centered maintenance) o RBI (Risk based Inspection) están centrados en la selección de componentes a mantener y el tipo de acciones de mantenimiento a ser tenidas en cuenta, las nuevas tecnologías se centran en la predicción de fallo para optimizar la acción de mantenimiento recomendada y procurar así una mejora global en la fiabilidad, disponibilidad y costes de mantenimiento de la máquina: Mejorar los intervalos de reemplazo preventivo, establecer frecuencias de inspección de equipos, ...

03. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE PRONÓSTICO

3.1. Predicción basada en fiabilidad

El análisis de fiabilidad puede ser definido aquí como la probabilidad de que un sistema funcione (dentro de unas condiciones adecuadas) durante un periodo de tiempo dado. El estadístico habitual asociado a las distribuciones relacionadas con este tipo de análisis es la función de supervivencia $S(t)$, estimada a partir de la proporción de individuos, o elementos, que ha sobrevivido, o que no han fallado en el momento t .

Además de una función de densidad que se señala como $f(t)$ –estimada a partir de la proporción de fallos en el instante t - dentro de este tipo de análisis se define también una función de azar $h(t)$ que se identifica con la tasa instantánea de fallo o la tasa de fallo específica de la edad. Dicho de otro modo es la probabilidad de fallo en un instante t , habiendo sobrevivido hasta ese instante.

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Pr(\text{fallo en } t, t+\Delta t | \text{supervivencia en } t)$$

Existen distintos tipos de inferencia sobre datos de fiabilidad (supervivencia): Supervivencia puntual; Análisis de una muestra - curva de supervivencia; Comparación de grupos; Análisis de regresión y estudio de co-variables.

Dentro del análisis muestral, existen diferentes distribuciones paramétricas (Exponencial, Log-normal y Weibull) que han sido asociadas a diferentes modelos de fallo mecánico: Deformación, fractura corrosión, desgaste, fatiga,... Sin embargo, uno de los principales problemas que existen dentro del análisis de fiabilidad es la falta de datos completos (debido a falta de recursos y/o tiempo). En este caso es útil tener técnicas de análisis que no descarten observaciones que están incompletas (Kaplan-Meier, Cox, ...), ya que normalmente pueden llevar información valiosa.

Existen múltiples herramientas (Reliasoft, ISograph, OREST, ...) que tratan este tipo de análisis de fiabilidad, incorporando tratamiento de los diferentes tipos de datos (paramétricos, incompletos,...) e incorporando información adicional (costes, repuestos, reemplazos), etc.

3.2. Predicción basada en condición

Aunque la utilización de técnicas ‘condition monitoring’ supone en sí misma una predicción simple, con el establecimiento de una ventana de tiempo para un posible reemplazo o reparación antes de ocurrir el fallo funcional, la técnica básica de predicción a través de datos de condición pasa por una extrapolación de las tendencias que se observan en parámetros clave de la condición de un componente. Esta extrapolación está basada en una minimización del error en el ajuste de una función de predicción a los datos conocidos sobre la condición. Para optimizar esta función se usan diferentes herramientas, desde análisis de regresión simple (lineal, exponencial, ...); análisis de series temporales (ej: ARMA); o análisis computacionales (ej: redes neuronales)

Sin embargo, la predicción en base a parámetros aislados corre el riesgo de ser parcial y de difícil interpretación. Una forma de evitar esto es modelizar la predicción por medio del cálculo de la vida remanente que le queda a un componente. Esto se puede conseguir estableciendo, de manera conjunta, un valor de degradación, o estado de salud del componente, con respecto a un conjunto de valores pertenecientes a los parámetros clave en el análisis de la condición.

Esto permite realizar las extrapolaciones sobre un único parámetro (vida remanente) en vez de realizar predicciones individuales. Un ejemplo de este estudio puede verse en (Greitzer y Ferryman, 2001).

Las herramientas que existen hoy en día para el tratamiento de datos de condición están basadas en evoluciones de software de análisis de datos (Oddisey, Compass, ExpertAlert) y se centran sobre todo en la implementación de funciones de condition monitoring y, en algún caso en la extrapolación de datos por medio de funciones de regresión..

3.3. Predicción basada en información compuesta

Existen diferentes métodos de combinación de información de fiabilidad y condición (Goode & Roylance, 1999), aunque el mas conocido es la identificación de covariables como parte de un modelo de azares proporcionales (PHM). En este se busca conocer como afecta un factor (llamado normalmente co-variable) en la función de supervivencia, que puede ser o no dependiente del tiempo. Por ejemplo, podemos estar interesados en ver si parámetros como la viscosidad del aceite o el número de ppm. de hierro en el momento del fallo tienen alguna relación con el tiempo de supervivencia, y en caso afirmativo incorporarlos a una análisis de regresión (Análisis de regresión de Cox, regresión exponencial, regresión log-normal, ...).

Es interesante destacar que en este aspecto existe al menos una herramienta que permite el desarrollo de modelos de predicción de forma automatizada (Jardine & Tsang 2006)

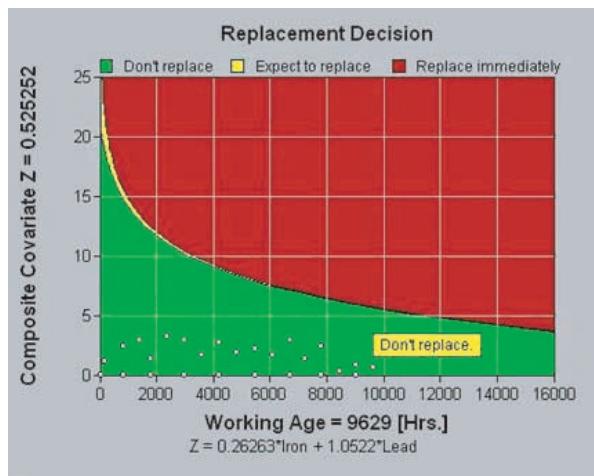


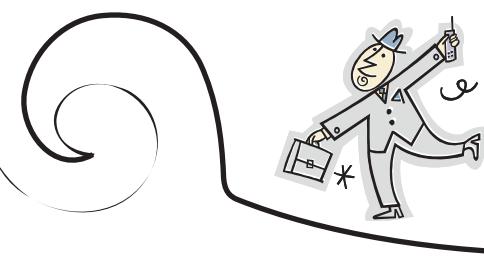
Fig. 3. Pantalla de información conjunta de datos de fiabilidad y condición en EXAKT

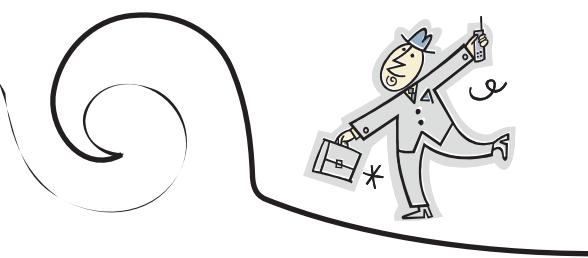
04. CONCLUSIONES

Existen múltiples técnicas y herramientas para realizar un pronóstico de fallo a partir de datos, tanto de condición como de fiabilidad, aunque existen pocos estudios y menos técnicas y herramientas que incluyan métodos compuestos para trabajar con diferentes tipos de información. También es importante tener en cuenta la calidad de los datos y las posibles incertidumbres y errores que pueden provenir tanto de los datos (y de su escasez) como de los modelos de predicción, por lo que se hace necesario trabajar con intervalos de confianza para acotar las predicciones.

En Tekniker se han realizado diversas aplicaciones de pronóstico sobre turbinas (vida remanente con datos de condición), aerogeneradores (datos de condición y fiabilidad) y sobre componentes aeronáuticos (ej: Desgaste de freno del tren de aterrizaje teniendo en cuenta datos de modelos físicos; datos de fiabilidad, o estadísticos, entendidos como la degradación por defecto, y datos de operación). Las técnicas empleadas van desde el uso de herramientas comerciales (ej: EXAKT) hasta la generación de algoritmos adaptativos. En este último caso, por ejemplo, se ha realizado una red Bayesiana que permite modelar los datos asociados al desgaste de frenos para realizar una estimación de desgaste futuro con la información disponible en cada momento (Buderath et al 2007)

En conclusión, se han presentado diferentes técnicas de análisis de datos de pronóstico, que seguramente se seguirán desarrollando con fuerza en un futuro próximo, tanto por la necesidad de optimizar la operación y el mantenimiento de los activos de una empresa, como por la existencia de una cada vez mayor fuente de información.





05. BIBLIOGRAFÍA

AFNOR [2001] "Terminologie de la maintenance" Norme française X60-319 (norme européenne NF-EN-13306.).

AEM [2005] "El mantenimiento en España, encuesta sobre su situación en las empresas españolas". Arnaiz A., Maurtua I., Susperregi L., Arana R. [2004] "Strategic directions in Maintenance: Knowledge update"; International conference IMS-FORUM. Como. Italy. pp 300-307

Buderath M., Arnaiz A., Susperregi L. [2007] "Condition based Operational Risk Assessment. An Innovative Approach To Improve Fleet And Aircraft Operability: Conditional view" Council of European Aerospace Societies (CEAS) Berlin.

Byington, C.S.; Roemer, M.J.; Galie, T [2002] "Prognostic enhancements to diagnostic systems for improved condition-based maintenance" Aerospace Conference Proceedings. IEEE pp.2815 -2824 vol.6

ESReDA [1999]. "Handbook of quality and reliability data". Statistical series no. 4. DNV Press.
Goode K.B., Roylance B.J. [1999] "Predicting the time to failure of critical components. A software package strategy" Condition monitoring and Diagnostic Engineering Management (COMADEM) proc. pp. 547-555

Greitzer F.L., Ferryman T.A. [2001] "Predicting remaining life of mechanical systems". Intelligent ship symposium IV

Jardine A.K.S., Tsang A.H.C. [2006] "Maintenance, Replacement and Reliability", CRC Press.

Langset H., Haugen K., Sandtorv H. [1998] "Analysis of OREDA data for maintenance optimization". Reliability Engineering and System Safety 60(2), pp. 103-110.

SINTEF [2002] (OREDA) "Offshore Reliability Data Handbook" 4th Edition.

PRESENCIA GLOBAL

PMM Institute for Learning presente en Iberoamerica



PMM
Formación Directivos en Balanced Scorecard Maintenance
Buenos Aires – Argentina



PMM - Conferencia en Centro de Refinación Paraguana PDUSA
¿Cómo actuar en tiempos difíciles? "Gestión Integral de Activos"
Falcón – Venezuela



PMM CONGRESO CONFIABILIDAD
Asociación Española para la Calidad
Lleida – España



PMM
Formación Directivos en Gestión Integral de Activos
Santiago de Chile - Chile



PMM - EXPERTOS INTERNACIONALES COMPARTIENDO SUS ÚLTIMAS INVESTIGACIONES
RICARDO PAURO (Capacitación Empresarial, Argentina)
LOURIVAL TAVARES (Universidad de Río de Janeiro; Brasil)
LUIS AMENDOLA (Universidad Politécnica Valencia, España)

Buenos Aires - Argentina



PMM EN MIVISA
Consultoría de Formación para Técnicos, Ingenieros y Directivos
Gestión de Paradas de Planta de Producción
Aldeanueva de Ebro (La Rioja) - España



PMM EN SABIC
Consultoría de Formación para Técnicos, Ingenieros y Directivos
Gestión de Mantenimiento con MS Project "Project Maintenance"
La Aljorra - Cartagena - España



PMM Impartió Conferencia en PETROBOSCAN
Empresa Mixta PDVSA - Chevron
¿Cómo actuar en tiempos difíciles? "Gestión Integral de Activos como Negocio"
Zulia - Venezuela

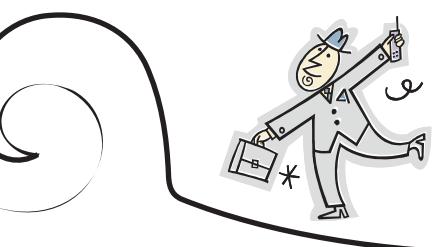


PMM EN PDVA E&P ORIENTE
Implementación del Asset Management Maintenance
GERENCIA DISTRITO NORTE
Maturín - Venezuela



PMM Impartió Conferencia en PEQUIVEN S.A "Complejo Ana María Campos"
¿Cómo actuar en tiempos difíciles? "Gestión Integral de Activos como Negocio"
Zulia - Venezuela

II JORNADAS IBEROAMERICANAS



Después de la buena aceptación obtenida en el desarrollo de las I Jornadas Iberoamericanas de Asset Management , las cuales tuvieron lugar en la Isla de Margarita, Venezuela , los días 04 y 05 de Junio de 2008, hemos decidido realizar una segunda edición pero esta vez con sede en Europa.

Las segundas Jornadas de Asset Management para la Gestión Integrada de Mantenimiento, Producción & Proyectos, se llevaran a cabo en Valencia, España, los días **3 y 4 de Junio de 2009**.

Queremos aprovechar la oportunidad para expresar nuestro agradecimiento a los colaboradores, patrocinadores, asistentes y a todas aquellas personas que con su apoyo hicieron posible la realización de las Primeras Jornadas Iberoamericanas de Asset Management.

PMM Institute for Learning basa su filosofía en ayudar a sus clientes a dar respuestas a las preguntas estratégicas para generar valor, alta rentabilidad sostenible y ahorros sustanciales a su empresa. Es por ello que nos hemos sentido motivados a impulsar la realización de estas **II Jornadas Iberoamericanas de Asset Management**, con lo que pretendemos impulsar el encuentro entre los profesionales y especialistas del sector de la industria del Mantenimiento Mundial y la Gestión de Activos, con el objetivo de que juntos busquemos nuevos caminos que nos ayuden a resolver esas inquietudes que se plantean sobre **el futuro del negocio del Asset Management “Gestión Integral del Mantenimiento de Activos”**.



Avance del Programa:

Mantenimiento como Modelo de Negocio

Lean Manufacturing

Técnicas y Herramientas de Mantenimiento Predictivo

CIMMS “Herramientas Informáticas en la Gestión Integral del Mantenimiento de Activos”

Indicadores de Gestión Financieros

Nuevas Tendencias en los Procesos de Paradas de Planta

Gestión de Recursos en Mantenimiento

Responsabilidad Social Corporativa en la Gestión Integral de Activos

Confiabilidad y Gestión de Riesgos

Contacto:

Dr. Luis Amendola

luigi@pmmlearning.com

Tel. +34 645165999

Msc. Ing. Tibaire Depool

tibaire@pmmlearning.com

Tel. +34 666619018

Msc. Ing. José Manuel Gonzalez

pepe@pmmlearning.com

Tel.+34 658881200

PMM Institute for Learning, España

www.pmmlearning.com