

Nuevas Tendencias en el Mantenimiento En La Industria Eléctrica

J. B. Durán, The Woodhouse Partnership Limited, Director of LA Operations, IEEE Member

Abstract---Este trabajo fue realizado con la intención de revisar el estado actual del mantenimiento en las centrales de generación eléctrica, tratando de adaptar este mantenimiento a las necesidades crecientes de esta industria. Los temas encontrados son muy amplios y no se pueden cubrir a detalle en este artículo, sin embargo se encontrará de utilidad como introducción para quienes se quieran adentrar en este tema que cada día cobra más relevancia. Versiones anteriores ya han sido publicadas, sin embargo esta versión ha sido revisada incluyéndole más información basada en más de 6 años de experiencia adicional del autor en los temas tratados.

I. NOMENCLATURA:

Mantenimiento Preventivo: Tarea que involucra cambios/reconstrucciones de partes/equipo bajo una base regular, sin importar el estado de las mismas.

Mantenimiento Predictivo: Busca mediante inspecciones periódicas determinar cuando cambiar o reconstruir una parte/equipo en función del estado actual de los mismos.

Mantenimiento Detectivo: Busca detectar la ocurrencia de fallas ocultas en equipos de protección y/o respaldo.

Mantenimiento Correctivo: Restitución del equipo al estado operativo óptimo después de la ocurrencia de una falla.

Riesgo: Dado matemáticamente por el producto de la probabilidad de ocurrencia de un evento y sus consecuencias.

ACR: Análisis Causa Raíz

IBR: Inspección Basada en Riesgo.

MCC: Ver RCM

MCO: Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional

RBI: Ver IBR.

RCA: Ver ACR

RCM: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

TPM: Mantenimiento Productivo Total

II. INTRODUCCION

Los costos de mantenimiento y operación de las empresas eléctricas (generación, distribución y transmisión) han estado subiendo de una manera rápida con el paso de los últimos años. Existen nuevas técnicas que permiten disminuir y/o mejorar la confiabilidad y el desempeño de las mismas. El mantenimiento busca a grosso modo asegurar el servicio de la empresa de una manera continua, segura y compatible con el medio ambiente. Con el paso del tiempo y el advenimiento de nuevas tecnologías y necesidades se han ido creando herramientas filosóficas que permiten un mejor uso de los recursos de mantenimiento, tales como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, El Mantenimiento Productivo Total y el Análisis Causa Raíz. Estas técnicas permiten enfocar la atención hacia problemas tanto crónicos como esporádicos. El mantenimiento actual está caracterizado por

la búsqueda continua de tareas que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallas y/o disminuir las consecuencias de las mismas, es decir se juega con los dos factores del riesgo. Para lograr esto las corrientes filosóficas han demostrado un gran poder en identificar tareas potenciales a ejecutar. La mayor limitación de estas herramientas había consistido en que no responden bien a la siguiente pregunta: *¿Cuándo ejecutar las tareas para obtener el menor costo/riesgo?* En este trabajo se mostrarán algunas técnicas desarrolladas para implantar procesos de mejoramiento de confiabilidad basados en tareas con costo/riesgo óptimo.

III. ¿POR QUÉ MANTENER?

Las razones por las cuales hacemos mantenimiento pueden ser resumidas en las siguientes categorías (en base a los beneficios logrados).

A. Prevenir o disminuir el riesgo de fallas

Busca bajar la frecuencia de fallas y/o disminuir sus consecuencias (incluyendo todas sus posibilidades). Esta es una de las visiones más básicas del mantenimiento y en muchas ocasiones es el único motor que mueve las estrategias de mantenimiento de algunas empresas, olvidándose de otros elementos de interés nombrados abajo.

B. Recuperar el desempeño

Con el uso de los equipos el desempeño se puede ver deteriorado por dos factores principales: Pérdida de capacidad de producción y/o aumento de costos de operación. Grandes ahorros se han logrado al usar éste como gatillo para el mantenimiento, ya que a veces este factor es de dimensiones mayores a las fallas a evitar, ejemplos típicos incluyen: Cambios de filtros de gas, aceite, lavado de compresores axiales, etc.

C. Aumentar la vida útil/diferir inversiones

La vida útil de algunos activos se ve seriamente afectada por la frecuencia/calidad del mantenimiento. Por otra parte se pueden diferir grandes inversiones, como por ejemplo reconstrucciones de equipos mayores. Encontrar el punto exacto de máximo beneficio económico es de suma importancia aquí. A modo de ejemplo la frecuencia con la cual se hace mantenimiento mayor de una turbina a gas se ve influenciada por la frecuencia de paradas de la misma.

D. Seguridad, ambiente y aspectos legales

Muchas tareas de mantenimiento están dirigidas a disminuir ciertos problemas que puedan acarrear, responsabilidades legales relativas a medio ambiente y seguridad. El valor de dichas tareas es difícil de evaluar. El

uso de herramientas avanzadas de computación ha permitido en algunos casos evaluar la relación costo/riesgo y así determinar los intervalos óptimos de mantenimiento.

E. Factor Brillo:

La imagen pública, aspectos estéticos de bienes, la moral de los trabajadores, etc. Son factores importantes a la hora de elegir tareas e intervalos de mantenimiento. Por ejemplo la pintura de una fachada de edificio: el intervalo entre pintadas es modulado más por la apariencia, que por el deterioro de la estructura por baja protección.

IV METODOS USADOS PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD

Podríamos dividirlos en dos:

A. Métodos Proactivos

Buscan mediante la mejora de la confiabilidad mediante la utilización de técnicas que permitan la paulatina eliminación de las fallas tanto crónicas como potenciales. Claros ejemplos son el Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad y El Mantenimiento Productivo Total. Se trabaja sobre problemas potenciales y observados. Su impacto positivo se encuentra a mediano y largo plazo.

B. Métodos Reactivos

Buscan de una manera rápida y eficaz la solución de problemas cotidianos y evitar repetición de eventos mayores. En líneas generales se trata de métodos sobre todo “*post mortem*”. Actualmente su mejor exponente es el Análisis Causa Raíz. Como desventaja mayor se observa que trabaja solo sobre problemas observados y no sobre problemas potenciales.

C. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Esta técnica surge a finales de los años sesenta como respuesta al incremento de costos y actividades del mantenimiento de las aeronaves (básicamente preventivo). En esta industria demuestra ser muy valioso, no solo bajando los costos y actividades de mantenimiento, sino que además mejora los niveles de confiabilidad, disponibilidad y seguridad. Estos éxitos lo hicieron apetecible a otras industrias, como la militar, petrolera y generación de electricidad. Esta técnica se basa en seleccionar mantenimiento solo donde las consecuencias de las fallas así lo requieren, para esto se requiere hacer un estudio exhaustivo de todas las funciones, fallas, modos y consecuencias de las fallas, para luego decidir donde y que tipo de mantenimiento hacer. Establece un orden de prioridades: la seguridad y ambiente, producción, costos de reparación. Esto ha hecho que sea una herramienta valiosa en las industrias que requieren elevados niveles de seguridad, generando a cambio de los esfuerzos, gratos resultados. Al ser “muy centrado en la confiabilidad” le da poco peso a otras razones para hacer mantenimiento nombradas al principio.

El trabajo se realiza con equipos de trabajo multidisciplinarios (mantenimiento y operaciones) liderados por un facilitador que responden de manera sistemática las

siguientes 7 preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares deseados de desempeño del activo en su contexto operativo actual **(funciones)**?
2. ¿De qué maneras el activo puede dejar de cumplir sus funciones **(fallas funcionales)**?
3. ¿Qué causa cada falla funcional **(Modos de Falla)**?
4. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional **(Efectos de Falla)**?
5. ¿En que formas afecta cada falla funcional **(Consecuencias de Falla)**?
6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional **(tareas proactivas y frecuencias)**?
7. ¿Qué debería hacerse si no se pueden hallar tareas preventivas aplicables **(Tareas por omisión)**?

Bajo su enfoque tradicional, resulta muy difícil de aplicar en grandes industrias, debido a que no resuelve algunas interrogantes mayores, como:

- √ ¿Como generar una jerarquía de implantación?
- √ ¿Frecuencias optimas del mantenimiento?

Es una técnica bastante analítica, lo cual ha traído problemas de implantación, debido a que a veces resulta difícil pasar del papel a la realidad. Conduciendo esto a fuertes pérdidas de dinero y esfuerzos, degenerando al final en frustración de los equipos de trabajo.

Se trata de una práctica recomendada por el Energy Power Research Institute (EPRI) para sistemas eléctricos.

D. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Conocido por los grandes beneficios que ha obtenido en empresas manufactureras. Demostró su poder en Japón y ha comenzado a diseminarse a lo largo del mundo. Hace un gran esfuerzo en el trabajo en equipos. Se apoya fuertemente en limpieza y lubricación como fuentes que eliminan problemas crónicos. Requiere de una profunda cultura de trabajo en equipo y sentido de propiedad de los bienes por parte de los trabajadores. De no poseer estos se requiere de un fuerte trabajo en el cambio cultural.

La figura 1 ilustra en parte la filosofía TPM:

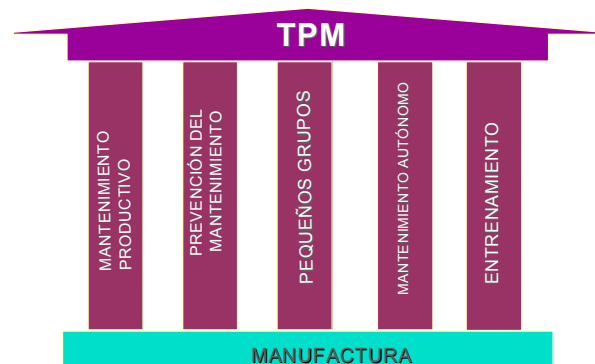


Fig. 1 Los "Pilares del TPM"

Está muy ligado a los conceptos de mejoramiento continuo de la calidad y filosofías cero defectos. Difícil de aplicar en empresas de procesos, debido en muchos casos a lo ambiguo que resultan los conceptos de calidad y defectos, por otra parte el problema cultural puede entorpecer la implantación a niveles de frustración. Donde se ha logrado su implantación exitosa, se han tenido grandes logros respecto a seguridad, ambiente, confiabilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento.

Esta filosofía requiere de una integración total de todos los departamentos de la empresa en el mejoramiento continuo. Uno de los mayores errores cometido es comenzar como un proyecto más de mantenimiento. De no lograr la participación de todos con empuje desde la gerencia y participación de los empleados de taller, el fracaso es casi inevitable.

El trabajo en equipo es la pieza fundamental de esta metodología que entre otras cosas busca cero defectos. La metodología podría definirse en 12 pasos:

- 1.- Anuncio por parte del gerente principal de la decisión de introducir el TPM.
- 2.- Educación y promoción, en la introducción del TPM.
- 3.- Creación de las organizaciones para promover el TPM.
- 4.- Establecimiento de las políticas básicas y de las metas del TPM.
- 5.- Formulación del plan maestro para desarrollar el TPM.
- 6.- Despegue del TPM.
- 7.- Mejora de la efectividad de cada pieza de equipo.
- 8.- Creación de las rutinas para el mantenimiento autónomo:
- 9.- Creación de las tareas para mantenimiento planificado, del departamento de mantenimiento.
- 10.- Entrenamiento en operación mejorada y destrezas de mantenimiento.
- 11.- Creación de las tareas para la Gerencia inicial del Equipo.
- 12.- Implementación perfecta y del más alto nivel del TPM

Una de sus mayores fortalezas reside en mejorar la operación y el mantenimiento rutinario. Una de las mayores debilidades está en no poseer buena metodología para el desarrollo del mantenimiento planificado, por eso hoy en día las empresas avanzadas en TPM aplican el RCM en este paso.

Al igual que el RCM este tampoco responde a las siguientes interrogantes:

- √ ¿Como generar una jerarquía de implantación?
- √ ¿Cuando hacer el mantenimiento?

E. Análisis Causa Raíz (ACR)

Técnica poderosa que permite la solución de problemas, con enfoque a corto y mediano plazo. Usa técnicas de investigación bastante exhaustivas, con la intención de eliminar las causas de los problemas/fallas. Su valor no solo reside en la eliminación de grandes eventos, sino en la eliminación de los eventos crónicos, que tienden a devorar los recursos de mantenimiento. Al eliminar paulatinamente los

problemas crónicos y pequeños, este genera tiempo para análisis más profundos (RCM, por ejemplo).

La figura 2 muestra las relaciones que unen los diferentes factores que son generadores de falla.

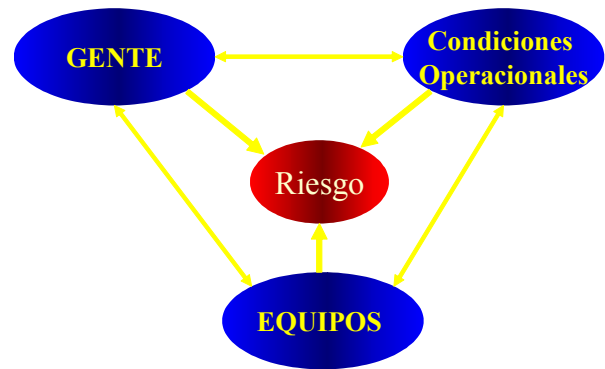


Fig. 2 Las relaciones a considerar en un análisis causa raíz

Del análisis causa raíz podemos resaltar los siguientes puntos:

- √ reconoce las fallas como oportunidades de negocio
- √ Posee un nuevo enfoque en el error humano
- √ Es una metodología sistemática basada en grupos multidisciplinarios
- √ Reconoce tres tipos de causa de falla: Física, Humana y Latente

La tabla 1 muestra una lista de oportunidades levantadas en una planta de generación venezolana durante una sesión de capacitación en RCA, mostrando una jerarquía con la cual se analizarán los problemas.

	Falla	Valor
2	Fallas en el sistema de aceite de control (T-6, T-3)	1
3	Fugas de agua por radiador (Todas)	7
4	Vibración en cardan del ventilador principal (T-3, T-4, T-8)	3
5	Fallas en líneas de transmisión de 115 kv	8
6	Bote de carga (T-2, T-4)	4
7	Termocuplas dañadas (T-7)	9
8	Filtros tapados en el sistema hidráulico (todas)	5
9	Operación en el interruptor circuito unión	10
10	Disparo por falsa alarma de fuego (T-2, T-3, T-8)	6
11		

Tabla. 1 Ejemplo de oportunidades perdidas

V. MEJORAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL

El mejoramiento en la confiabilidad operacional desarrollada en Inglaterra con la intención de agrupar las mejores prácticas de mantenimiento y operaciones con una orientación en el negocio. Reconoce las limitaciones que el mantenimiento como función tiene para lograr una confiabilidad adecuada de las instalaciones.

La figura 3 ilustra un poco más las ideas:



Fig. 3 Confiabilidad Operacional

Para mejorar los 4 sectores nombrados en la grafica anterior, el MCO divide las técnicas de mejoramiento:

A. Diagnóstico

Aquí mediante uso de técnicas asociadas al manejo de riesgo se cuantifican las oportunidades a corto plazo (reactivas) y mediano largo plazo (proactivas). Como resultado se obtiene una jerarquía de implementación. Aquí se hace uso de herramientas de análisis de criticidad y de oportunidades perdidas (a modo de ejemplo), estas permiten establecer las oportunidades de mejoramiento y que herramientas de control podrían usarse para capitalizar las oportunidades halladas.

B. Control

Aquí se usa el RCM+ (que combina algunas ventajas del TPM con el RCM) como técnica proactiva y el ACR como técnica reactiva, también se puede hacer uso del IBR para equipos estáticos. Como resultado se obtienen una serie de tareas de mantenimiento, operaciones, rediseño a ejecutar para mejorar el desempeño.

Estas técnicas de control por lo general son técnicas del tipo cualitativo y basadas en reglas fijas para la toma de decisión (por ejemplo: diagramas lógicos).

C. Optimización

Aquí mediante el uso de herramientas avanzadas de cálculo costo riesgo se hallan los intervalos óptimos de mantenimiento, parada de planta, inspecciones, etc.

Se trata de técnicas del tipo numérico e involucran el modelado de los equipos y/o sistemas.

Los resultados de implementar estas herramientas de esta manera son impresionantes en diversas industrias, logrando en algunos casos incluso la transformación de las empresas llevándolas a la implementación de Gerencia de Activos (Asset Management)

Grandes resultados se han encontrado en instalaciones con la implantación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y con el Análisis Causa Raíz. Un requisito que no debe dejarse de cumplir es el establecimiento previo de prioridades antes de la ejecución de ambas técnicas (simultáneas). Se han desarrollado herramientas como el análisis de criticidad y el análisis de oportunidades perdidas que pueden resolver dicha inquietud eficazmente.

Por otra parte normalmente ambas técnicas generarán soluciones que podrían ser agrupadas en:

- Cambios de diseño.
- Tareas preventivas.
- Tareas de Inspección (Detección y Predicción).
- Tareas correctivas.

La respuesta a cuando ejecutar dichas tareas no es simple, y en muchos casos no puede ser fijada por la ley del dedo.

Grandes beneficios económicos han sido reportados con el uso de paquetes de computación, que pueden calcular el punto de ejecución con menor costo/riesgo posible para las tareas anteriores.

VI. USO DE LA COMPUTADORA

Se tratará de ilustrar algunas soluciones aportadas por herramientas de computación, bastante avanzadas que están permitiendo resolver algunas de las grandes inquietudes del mantenimiento actual.

A. Cuando hacer tareas de mantenimiento

Las razones para hacer cualquier tarea de mantenimiento nombradas anteriormente, deben ser el gatillo que dispara la planificación/programación de las tareas de mantenimiento, pero existen tres preguntas a responder:

1. ¿Cuanto obtengo por las actividades a realizar?
2. ¿Cuanto pierdo (o puedo perder) por no hacerlas?
3. ¿Cuándo hacer las mismas para obtener el menor costo/riesgo (máximo beneficio)?

Por medio de herramientas de computación, se puede evaluar, por ejemplo, desde cuando hacer una parada de planta, hasta cuando cambiar filtros de aire de entrada a los generadores de gas. Esto se logra evaluando: patrones de falla (probabilidades de ocurrencia), disminución de producción, aumento de costos de operación, costos de reparación, costos de las tareas a evaluar y ciclo de vida de los equipos relacionados a los intervalos de ejecución de mantenimiento, pudiendo relacionar todos estos patrones y así, usar el ciclo de menor costo/riesgo posible, también se pueden evaluar factores como el brillo y el cumplimiento de regulaciones ambientales y de seguridad.

B. Inspección Basada en Riesgo

Un capítulo especial se abre con esta técnica, que establece patrones de inspección de equipos estáticos (calderas, líneas de transmisión, etc.) en función de su riesgo asociado, nuevas aproximaciones permiten usar la computadora para tomar en cuenta también el estado actual del equipo, lo que

desencadena una continua optimización por costo/riesgo y no una frecuencia de inspección fija. Los reportes económicos han sido cuantiosos, además de los beneficios por disponibilidad y producción. También es posible optimizar con este tipo de técnicas la frecuencia de búsqueda de fallas ocultas (pesquisa de fallas, mantenimiento detectivo), dejándose de usar entonces formulas mágicas que no generan una frecuencia optima por costo/riesgo, pudiéndose simular factores como probabilidad de éxito de la prueba y probabilidad de destrucción del equipo probado.

C. Materiales y Repuestos

Los elevados costos de tener partes de repuesto y a su vez el elevado costo de enfrentar fallas sin su tenencia, ha hecho de la pregunta ¿Cuántos debo tener? Un gran problema, que con la tecnología más reciente, este se ha convertido en una gran oportunidad. Pues ya se tiene el conocimiento para usar la computadora para simular los patrones de fallas y las consecuencias de no poseer repuestos y materiales para su reparación, optimizando el numero de partes a tener en función de: costos de las partes (tomando en cuenta inflación, impuestos, patrones de falla, tiempos de entrega, costos de almacén, etc.) y consecuencias de las fallas. Esto permite optimizar el número de repuestos y evaluar empresas suplidoras.

D. Paradas de Planta

Las razones para hacer una parada de planta obedecen a cualquier combinación de las razones para hacer mantenimiento nombradas anteriormente. Una pequeña desviación de un mes en la frecuencia optima para hacer una parada de planta puede tener efectos de millones de dólares, los mismos efectos los tiene la planificación y programación de las actividades a ejecutar durante las paradas. Se trata de un campo donde los beneficios a obtener son cuantiosos. Se pueden simular los efectos económicos del agrupado de tareas, ejecución de tareas, selección de intervalos, etc. para seleccionar programas y frecuencias óptimas. Computación de avanzada se requiere para hacer un seguimiento y optimización continua de la parada día por día.

VII LECCIONES APRENDIDAS

Algunas de las lecciones aprendidas por empresas que han avanzado en el mejoramiento del mantenimiento:

1. No hay herramienta única que garantice la confiabilidad requerida
2. Herramientas superiores como la Gerencia de Activos y/o Confiabilidad Operacional generan las estrategias a mediano largo plazo
3. Se debe hacer un diagnostico previo que nos indique que herramienta es aplicable a cada situación
4. El enfoque en reducción de costos es muy peligroso si no se evalúan numéricamente los riesgos asociados a las decisiones
5. El enfoque basado en costo riesgo beneficio debe avalar las decisiones
6. Se pueden tomar buenas decisiones usando data débil o inexistente

7. Se debe pensar tanto en el costo del mantenimiento como en el posible costo de no hacer el mantenimiento
8. Nunca se conocerá a ciencia cierta cual seria el costo de no hacer mantenimiento. La simulación con modelos de data débil es prácticamente inevitable
9. El proyecto MACRO genero la mas nueva tecnología para la toma de decisiones

VIII ALGUNOS EJEMPLOS TOMADOS DE LA INDUSTRIA

La siguiente lista nos puede servir de ilustración:

1. Inspección/mantenimiento de postes de electricidad. Pasaron de 5 a 12 años, beneficios: 650kUS\$/año (mas de 500.000 postes)
2. 5700 sistemas de protección a relays en sub-estaciones (33 KV). Optimización de inspecciones: Beneficio de US\$ 400k/año
3. Optimización de mantenimiento de Oil Circuit Breakers 33KV reducido en 30% sin aumentar riesgo
4. National Grid: Transmisión en Inglaterra y Gales. Une 67 Plantas gen. 65 GW Capacidad, reducción de costos de entre 18 y 46 % en interruptores Frame R de 400 KV (población 255)
5. Planta Eléctrica Las Morochas: 500k US\$/año disminución consumo de gas
6. Scottish Power: Parada de planta proyectos a llevar a cabo: 40 millones US\$, se filtraron con herramientas MACRO: Se eliminaron 33 por baja rentabilidad: costo-riesgo, se redistribuyo el trabajo a realizar, se redujo a 22 US\$ millones
7. Aplicaciones varias de RCM en sub-estaciones han mostrado reducción de costos de mantenimiento de hasta un 25%.

IX CONCLUSIONES

Se demuestra que hay muchas oportunidades de mejora en el mantenimiento en la industria eléctrica, cuando este está dirigido por administraciones tradicionales, es decir dirigido a salvaguardar las condiciones físicas del equipo, basado sobre todo en recomendaciones del fabricante. El nuevo enfoque es salvaguardar las funciones de los sistemas, basados en las condiciones operacionales de la planta. Por otra parte se demuestra el elevado valor agregado que introduce el uso de software en la consecución de los ciclos óptimos del mantenimiento e inspecciones. Otro punto a resaltar de la experiencia es la racionalización que debe hacerse en la implantación de estrategias como RCM y ACR, su éxito dependerá de unos muy buenos estudios de criticidad y oportunidades perdidas, sin los cuales se estará arriesgando mucho esfuerzo y la continuidad del proyecto, al no poder garantizar resultados tangibles.

X REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA:

Conferencias:

1. Alligans Jane (EPRI), SIMCE-CIER Cartagena 2003.
2. Durán José Bernardo. **Nuevas Tendencias del Mantenimiento en la Industria Eléctrica.** SIMCE-

XI BIOGRAFIA

- CIER Cartagena 2003.
3. Durán, José Bernardo. **Nuevas Tendencias Ingeniería de Mantenimiento, Universidad de Cataluña**, Barcelona, España 1998.
4. Durán, José Bernardo. **Nuevas Tendencias Ingeniería de Mantenimiento en Centrales de Generación Eléctrica**. I Congreso Ingeniería Eléctrica, Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela, 1998.
5. Jack Hugget, **The Economics Behind Condition Monitoring**, presentado en St. Catherine Oxford College, Inglaterra 2003
6. John Woodhouse, **Effective Shutdowns and Turnarounds**, presentado en Londres, 2003.
7. Neil Jones, **Combining the best bits of RCM, RBI, TPM, TQM, Six-Sigma and other 'solutions'**, presentado en Mechelem, Belgica, 2003.

Papers:

1. Kotter, John, **Leading Change: Why Transformation Efforts Fails** en (IEEE - Engineering Management Review) Vol. 25 No. 1 Spring 1997.]

Libros y manuales:

1. Huggett Jack, **Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad Plus**. Manual de Adiestramiento The Woodhouse Partnership, Ltd.
2. Smith, Anthony, **Reliability Centered Maintenance**, McGRAW-HILL, 1992
3. Snelock, Bunny. **Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad Plus** para Plantas Complejas, Manual de Adiestramiento The Woodhouse Partnership, Ltd.
4. Stoneham, Derek. **Maintenance Management and Technology**, Handbook, Elsevier Advanced Technology, Oxford 1998.
5. Woodhouse, John. **Managing Industrial Risk**, Chapman & Hall 1993.

Disponibles en línea:

1. Durán José Bernardo. **El Rol del Facilitador en Confiabilidad Operacional**. Enfasis Management. Argentina, Año 4 # Julio 1998. Disponible en www.plant-maintenance.com
2. Durán José Bernardo. **Que es Confiabilidad Operacional**. Venesoft, Venezuela, Junio 1999. Disponible en www.tpm-online.com
3. Mark Latino, **RCFA + RCM Formula for successful Maintenance**, disponible en: [Http://www.reliability.com/articles/article31.htm](http://www.reliability.com/articles/article31.htm)
4. Valmore Rodríguez, **Confiabilidad Integrada en la Planta**, disponible en: http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/articles.htm



José Bernardo es consultor Senior Internacional, Ingeniero Electricista (IEEE member) con Maestría en Ing. de Mantenimiento, labora para The Woodhouse Partnership Ltd (Firma de Consultoría Basada en Inglaterra), ha cooperado en algunas de las empresas petroleras, mineras y de servicios más importantes del mundo, donde a lo largo de 12 países ha ayudado a ahorrar decenas de millones de dólares por disminución de costo/riesgo de sus operaciones. El está trabajando en implantación y adiestramiento en las áreas de Gerencia de Activos, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Gerencia de Riesgo Industrial, Optimización de Mantenimiento, Inspección Basada en Riesgo y Confiabilidad Operacional. Apreciado por las empresas, según ellas por aportar soluciones practicas y escuchar sus necesidades.