

Gestión de Mantenimiento Orientada a la Seguridad.

A. Torres Valle, J. de J. Rivero Oliva.

Dpto. Ingeniería Nuclear. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas.

Ave. Salvador Allende y Luaces, Quinta de los Molinos, Plaza. Telef: 878-5018.

E-mail: atorres@fctn.isctn.edu.cu

(Recibido el 12 de Octubre de 2003, aceptado el 6 de Diciembre de 2003).

Resumen.

Una de las causas fundamentales de la alta contribución del mantenimiento a los problemas de seguridad y disponibilidad de las instalaciones es la insuficiencia de los sistemas de gestión de mantenimiento para resolver de forma equilibrada los problemas de seguridad y disponibilidad de las mismas. Partiendo de esta afirmación, en el artículo se presenta una síntesis de la investigación del estado actual de los sistemas de gestión del mantenimiento en su relación con la seguridad de las instalaciones. Así mismo, se resume el desarrollo de un algoritmo integrador para la gestión del mantenimiento orientada a la seguridad y la disponibilidad, el cual se ha materializado en el código MOSEG Win Ver 1.0. Finalmente se presentan algunas de las aplicaciones realizadas con el sistema.

Palabras claves: Mantenimiento, gestión, confiabilidad, seguridad, monitoreo, evaluación.

1. Introducción.

La investigación realizada respecto a los aspectos esenciales que caracterizan la problemática actual del mantenimiento en su relación con la seguridad, ha permitido descubrir un grupo de causas de índole económica y/o organizativa, sobre las que es necesario actuar para reducir el impacto del mantenimiento sobre el riesgo de explotación y la disponibilidad de las instalaciones. Este impacto del mantenimiento se aprecia, entre otros, en errores humanos que desalinean equipos de seguridad, en problemas de calidad que se traducen en incrementos de la probabilidad de falla de los equipos sometidos a mantenimiento o en errores de programación que provocan configuraciones críticas por mantenimientos simultáneos de sistemas de seguridad. Algunas estadísticas corroboran esta afirmación, por ejemplo, una detallada investigación realizada por Kletz de más de 500 sucesos de incidentes y accidentes ocurridos en la industria química y petroquímica demostró que el 50 % de ellos estaba relacionado con el mantenimiento [1].

En un mundo con limitaciones económicas, como el actual, es necesario insistir en la solución de aquellos problemas, con impacto importante en los resultados, y en los que la inversión de recursos no constituya la vía fundamental de mejora.

Entre estas causas, no asociadas a factores económicos de importancia, está la insuficiencia de los sistemas de gestión de mantenimiento disponibles para resolver de manera equilibrada los problemas de disponibilidad y seguridad de las instalaciones [2].

El estudio de los sistemas de gestión más avanzados, como el MP2 [3], la experiencia de los autores en el desarrollo y aplicación de los análisis de confiabilidad y de seguridad [4, 5, 6], y el estudio de las tendencias más modernas de optimización del mantenimiento [7, 8] ha permitido estructurar un sistema integrador para resolver algunos de los aspectos causales de esta insuficiencia.

El sistema de Gestión del Mantenimiento Orientado a la Seguridad y la Disponibilidad (MOSEG Win Ver. 1.0) [9] vincula, de manera coherente aspectos económicos y técnicos del mantenimiento, utilizando enfoques proactivos y métodos de priorización de esfuerzos para descubrir las intervenciones de mantenimiento más eficaces y efectivas.

2. Estado actual de los sistemas de gestión del mantenimiento.

Un estudio detallado de las características distintivas del "Mantenimiento Clase Mundial" [10], así como de un numeroso grupo de referencias, ha permitido resumir algunas de las limitaciones que caracterizan a los sistemas de gestión de mantenimiento actualmente disponibles. A modo de resumen se puede establecer que:

1. El enfoque economicista del mantenimiento puede conducir a subestimar la influencia del mantenimiento en la confiabilidad y/o seguridad de las instalaciones [11, 12]. Este enfoque es más

peligroso en aquellas con riesgo asociado a su explotación.

2. Actualmente marchan de manera separada los sistemas de gestión del mantenimiento y las herramientas de optimización del mantenimiento basadas en confiabilidad y/o riesgo [13].
3. Muchos sistemas de gestión de mantenimiento no están diseñados para la toma de decisiones [14].
4. No está resuelta la incorporación a la gestión del mantenimiento de herramientas basadas en modelos con enfoque en sistema, que resultan necesariamente de mayor complejidad, como los análisis de confiabilidad y/o riesgo, mediante aplicaciones asequibles al usuario que resulten fáciles, atractivas y de gran impacto [15].
5. La determinación de prioridades para el mantenimiento basadas en criterios de confiabilidad es limitada [14, 16]. Esta tarea se realiza en ocasiones con herramientas ajenas a la gestión [13, 17], lo que limita la aplicación de sus resultados.
6. La programación del mantenimiento no se realiza sobre una base integral. Se consideran esencialmente variables económicas y algunos factores de índole técnico (confiabilidad o estado técnico a nivel de equipos independientes) [3, 16]. Se han desarrollado herramientas ajenas a la gestión del mantenimiento como la metodología de incremento de riesgo [18], y por ello su impacto sobre la gestión es aún limitado.
7. La seguridad durante las intervenciones de mantenimiento se trata de manera limitada y en general independiente de los sistemas de gestión del mantenimiento. Esta variable está afectada por múltiples factores de tipo técnico o humano, muchas veces subjetivos, los cuales son difíciles de cuantificar, lo que limita el diseño de planes preventivos [19].
8. Las aplicaciones al mantenimiento derivadas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (rcm) dependen aún, notablemente, de factores subjetivos para establecer las características de las intervenciones de monitoreo a condición, monitoreo por tiempo y búsqueda de fallos [13, 20].

3. Algoritmo integrador de gestión de mantenimiento orientado a la seguridad y la disponibilidad.

Teniendo en cuenta las limitaciones anteriormente expuestas, se propuso el desarrollo de un algoritmo de gestión de mantenimiento orientado a la seguridad y la disponibilidad [2] que integrara las ventajas derivadas de los sistemas de gestión tradicionales actuales, con las potencialidades de algunas de las herramientas de optimización de mayor impacto en el mantenimiento.

Para ejecutar tal desarrollo fue necesaria la identificación y solución de algunas características que debían distinguir al sistema. Este proceso se basó en la investigación sobre las mejores prácticas recomendadas para el desarrollo de sistemas de gestión, así como en la observación de la experiencia en el uso y asimilación de algunas herramientas complejas de optimización de la gestión. Las características distintivas de la metodología de gestión del mantenimiento orientada a la seguridad [2] son:

1. Separación de los datos fijos de interés para el mantenimiento, como datos técnicos de los equipos, de aquellos más variables en el tiempo como la programación y evaluación del propio mantenimiento.
2. Enfoque del sistema de gestión hacia la toma de decisiones.
3. Desarrollo de los puntos de enlace de la metodología tradicional de gestión con las herramientas de optimización, de manera que se consiga un acoplamiento funcional para cumplir los objetivos de análisis integral.
4. Incorporación de herramientas de análisis de sistemas de relativa complejidad como los análisis de confiabilidad y riesgo sin necesidad de entrenamientos laboriosos que deba realizar el personal operador del mismo.
5. Creación paulatina de bases de datos con enfoque integral lo que propicia que se compatibilice la preparación de los datos para análisis tradicionales de tipo económico con la incorporación de aquellos destinados a la aplicación de técnicas de optimización.
6. Posibilidad de asimilación paulatina de la metodología, transitando de módulos cualitativos hacia otros cuantitativos más complejos que compatibilizan el entrenamiento del personal con la optimización de las tareas de mantenimiento.
7. Desarrollo de indicadores de fácil comprensión que permiten evaluar variables tradicionalmente no contempladas en los análisis de mantenimiento.
8. Propuesta alternativa de una metodología informatizada para la determinación de las tareas de mantenimiento centradas en la confiabilidad, lo que disminuye la dependencia de factores subjetivos en esta etapa.

La herramienta diseñada para soportar la utilización de este algoritmo es el código MOSEG Win Ver. 1.0 [9].

Para conseguir las características enumeradas, se adoptaron criterios, enfoques e implementaciones que se describen a continuación, encaminados a eliminar o restringir las insuficiencias descritas en el epígrafe anterior.

3.1. Separación de datos fijos y dinámicos del mantenimiento.

El sistema de gestión de mantenimiento orientado a la seguridad y la disponibilidad se basa en el algoritmo presentado en la figura 1.

La división fundamental entre datos físicos y dinámicos está dada por la necesidad de separar aquellos datos relacionados con el mantenimiento, relativamente inmóviles o fijos de los más variables en el tiempo.

El sistema está diseñado para avanzar en la gestión desde el módulo de datos físicos hacia el de datos dinámicos.

El módulo de datos físicos prepara la gestión, incorporando los aspectos básicos o fundamentales para organizar el resto del sistema. En el mismo están contenidos la preparación de las estructuras de la instalación para identificar los equipos, los datos técnicos necesarios de cada uno, la plantilla de personal y brigadas de mantenimiento, las herramientas disponibles y los procedimientos de mantenimiento, que son bases esenciales para organizar, programar, evaluar y ejecutar las intervenciones de mantenimiento. Los datos complementarios que se requieren para estas últimas actividades relativas a la organización, programación, evaluación y ejecución del mantenimiento están incluidas en el módulo de datos dinámicos. Algunas de las relaciones entre los módulos aparecen resaltadas con flechas en la figura 1.

Esta separación de tipos de datos contribuye a optimizar la información, a la vez que prepara el camino para facilitar los enlaces entre los módulos, aspecto clave para contrarrestar la limitación asociada al desarrollo por separado de los sistemas de gestión y de optimización del mantenimiento basada en confiabilidad

y riesgo. Ello precisamente da respuesta a la limitación número 2 enunciada anteriormente.

3.2. Enfoque del Sistema de Gestión Hacia la Toma de Decisiones.

Los criterios en cuanto a la información necesaria para la gestión son diversos, pero en general el acopio excesivo de datos hace poco atractivo al sistema para los procedimientos de gestión, resultando engorroso el llenado de los formatos, con resultados generalmente incompletos. Otra cuestión importante es el desarrollo detallado de los formatos. Se sabe que, en general, aquella información no explícitamente solicitada, difícilmente se obtendrá.

Por todo ello, muchas de las opciones del sistema se han desarrollado tras un estudio exhaustivo de la información necesaria para cada caso, tomando en cuenta los criterios sobre la información esbozados durante el estudio de las limitaciones de los Sistemas de Gestión [16].

Por ejemplo, las fichas de datos técnicos se han desarrollado por tipo de equipo, lo que hace que la entrada de información sea más simple al ajustarse mejor a los requerimientos de cada equipo específico. Véase el ejemplo de la figura 2. Los formatos de las órdenes de trabajo también se han optimizado respecto a otros modelos consultados. En este sentido los chequeos establecidos para el llenado de este documento permiten alcanzar un grado importante de completamiento durante la introducción de los datos. Se ha procurado que las órdenes de trabajo sean la opción principal para la alimentación del sistema de gestión. Así mismo, estas constituyen la fuente fundamental para múltiples análisis de seguimiento del mantenimiento.

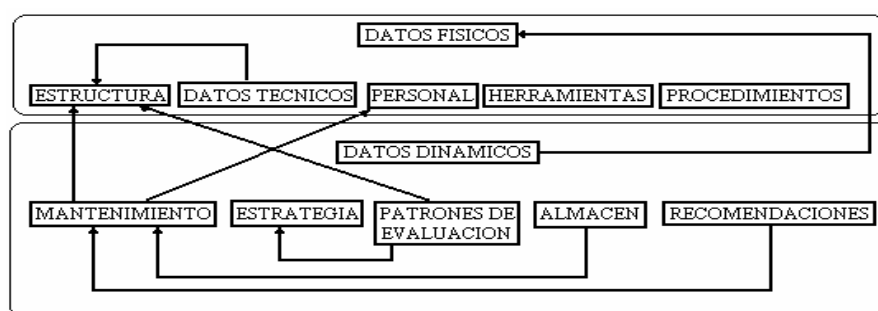


Figura 1. Esquema del algoritmo MOSEG

También se ha optimizado la documentación a incluir en los procedimientos técnicos para la ejecución de los trabajos. Estos procedimientos se han dividido en Manual de Mantenimiento, Gamas y Procedimientos, sugiriéndose para cada uno un formato mínimo de información que almacena lo indispensable y hace

atractiva y más precisa su utilización. El uso de claves es un aspecto importante en el control de acceso a determinadas opciones e informaciones que se consideren limitadas para algunos niveles administrativos. Este aspecto da respuesta a la limitación número 3.

Figura 2. Formato de ficha de datos técnicos.

3.3. Desarrollo de puntos de enlace optimos entre módulos.

Los puntos de enlace entre el sistema de gestión y las herramientas de optimización comenzaron a gestarse desde la misma concepción del sistema. Por ejemplo:

- Los datos de estructura que sirven para identificar los equipos, constituyen entradas a los módulos de datos de mantenimiento (actividades básicas, estadística) y a los patrones de evaluación utilizados posteriormente para el análisis del mantenimiento.
- Los patrones de evaluación, que son construidos por el propio usuario, constituyen otro punto de enlace y propician la interfaz con los modelos de confiabilidad o riesgo mediante los esquemas tecnológicos de la instalación.
- El análisis de las estrategias de mantenimiento vincula indicadores de riesgo, económicos, disponibilidad de personal y seguridad durante las intervenciones, de manera que se logra la toma de decisiones con enfoque multifactorial (figura 3).

Este desarrollo da también respuesta a la limitación número 2.

3.4. Incorporación de herramientas de análisis de sistemas.

Un aspecto importante de la gestión es la incorporación de herramientas de análisis de sistemas como los árboles de fallos, sin elevados requerimientos de superación del personal que utilizará el software (véase la limitación número 4). Los árboles de fallos constituyen la clave para la introducción de los análisis de mantenimiento enfocados a la confiabilidad. El sistema ha incorporado, a través de los patrones de evaluación, la posibilidad de obtener árboles de fallos a partir de esquemas tecnológicos [15]. La obtención de los árboles de fallos de esta forma reduce considerablemente el subjetivismo normalmente asociado al desarrollo de estos modelos. Los patrones de evaluación probabilista obtenidos incorporan de manera automática la contribución de los fallos de causa común.

El uso de esta herramienta para la evaluación del mantenimiento garantiza que se compense la limitación número 1, enunciada en el epígrafe anterior.

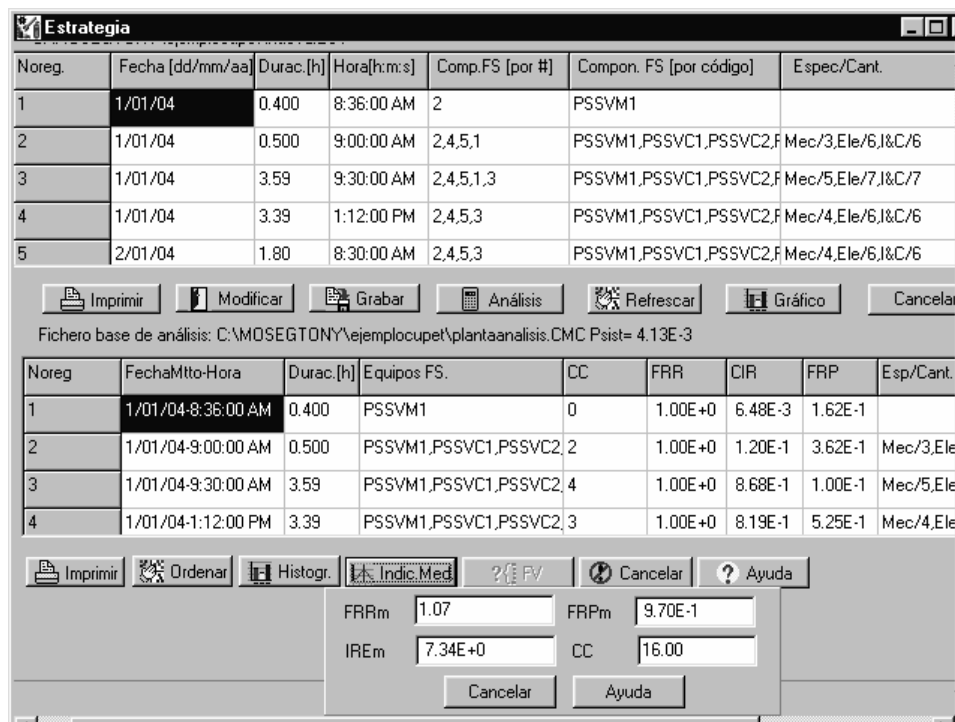


Figura 3. Enfoque multifactorial de la evaluación del mantenimiento.

Otro aspecto importante abarcado en este punto es la preparación de patrones de evaluación de esquemas de vía libre. El procedimiento de creación de estos patrones también parte de esquemas tecnológicos, sólo que en este caso, los esquemas lo constituyen las configuraciones de aislamiento para vías libres de cada equipo a mantener.

El análisis por árboles de fallos de las vías libres permite tratar profundamente los problemas técnicos y de errores humanos que pueden aparecer durante la implementación y conservación de la vía libre para mantenimiento [19]. Esta posibilidad resuelve la limitación número 7. En general, la disponibilidad de estas opciones contribuye al establecimiento de prioridades para el mantenimiento basadas en resultados de los análisis de confiabilidad y riesgo. Su implementación puede ayudar en múltiples áreas objeto de optimización como la clasificación de equipos, la garantía de calidad, el diagnóstico predictivo, la programación y las piezas de repuesto. Estas aplicaciones se relacionan directamente con la solución a la limitación # número 5.

3.5. Creación paulatina de bases de datos con enfoque integral.

La superación de este reto se logra propiciando el almacenamiento y procesamiento no sólo de la

información tradicional de carácter económico y de disponibilidad de personal, sino de toda aquella que permita análisis estadísticos posteriores de los fallos y sus causas. Por ejemplo, el módulo de órdenes de trabajo, almacena datos de costos directos de mantenimiento y de empleo de personal, y también permite guardar datos estadísticos que propician análisis más profundos de las causas de fallos. Ello puede contribuir a mejorar los patrones de evaluación basados en confiabilidad, ya que posibilita particularizar en algunos comportamientos de componentes. Un ejemplo de esta opción se aprecia en la figura 4.

El sistema contiene opciones de recomendaciones que pueden ser utilizadas para avanzar en los análisis de causa raíz, cuando la recurrencia de los fallos o su importancia para la seguridad y la disponibilidad así lo requiera.

Otro aspecto importante de la solución de este problema es la potencialidad del sistema para utilizar estas fuentes de datos en tareas tradicionales de la gestión del mantenimiento, incluyendo la planificación, a través por ejemplo de sus módulos de análisis de carga de trabajo y de control del presupuesto, la programación, utilizando métodos de ruta crítica o mantenimiento escalonado según sea la complejidad de la intervención, el control y la evaluación, con el uso de indicadores tradicionales de medición del mantenimiento, así como otras tareas resultantes de la

Orden de Trabajo

Denominación: Válvula neumática 1 Sistema SS Pla

Clase: A1 Solicitud:

Local: 1 Por ETF: Fecha - Hora:

☐ Sistema de Seguridad:

Parada caliente: plantavl1/1.00E-01(1.24E-03)

Parada Fría: Inicio Hora: 01/01/04 8:30 AM

Recarga: Fin Hora: 1/01/04 4:09:00 PM

H-H: 9.00 DurMto: 7.65 TFS: 7.65

Descripción de OT:

Referencias: Procedimientos/Gamas: PG Planos:

☐ Herram./\$

Repuestos vs. Costo (\$)					Personal vs. Costo (\$)			
No.	Rpto.	\$/U	Ci	No.	Nombre.	Esp.	\$/h	
1	R1	2.00	1.	1	José García	Mec	2.00	
				2	Juan Gzales	Ele	2.00	
				3	Mario Pérez	I&C	2.00	

Centros de Costo: Solicitante: 345 Ejecutor: 200

\$ Herr.: 78.00 \$ Rptos.: 2.00 \$ Sal-imp: 21.00 \$ Otros: 5 \$ Total OT: 108

Preparado por: Vila Luis Ejecutado por: Juan Campaña Cierre por: Pedro Hdez Fecha cierre: 3/1/04 Estadística

Figura 4. Edición de órdenes de trabajo.

optimización que pueden influir en las actividades de la gestión, como algunas aplicaciones de los análisis de confiabilidad y riesgo enlazadas adecuadamente dentro del sistema. Esta característica del sistema permite compensar la limitación número 6

3.6. Asimilación paulatina de metodologías.

Para un usuario no conocedor de técnicas de análisis probabilista significará un salto muy importante en el conocimiento, comprender el análisis de árboles de fallos hasta llegar a la evaluación cuantitativa de los conjuntos mínimos de corte.

Sin embargo, algunos análisis previos en los que se aplican técnicas cualitativas o análisis semicuantitativos basados en el principio de Pareto, pueden ser un punto de partida importante y muy útil para aplicaciones al mantenimiento, antes de comprender plenamente el alcance de la metodología de análisis de confiabilidad y riesgo basada en árboles de fallos [21]. En este sentido el sistema propone una clasificación de equipos desde el punto de vista de su impacto parcial o global sobre el sistema y su probabilidad de fallo. Ambos criterios se ordenan de manera coordinada y resultan una recomendación muy útil para organizar el mantenimiento, ya que permiten establecer prioridades para las intervenciones de preventivo, predictivo y

correctivo. Un paso posterior lo constituye el análisis de los sistemas partiendo de los conjuntos mínimos de corte (CMC) [21]. Este tipo de patrón resulta el más poderoso de los que utiliza el sistema y permite análisis multifacéticos y de gran alcance.

Con el mismo se pueden realizar análisis tradicionales de importancia de componentes – modos de fallo o realizar análisis de configuraciones específicas de salida de servicio. En este caso también se destacan, al igual que en el resto del sistema, amplias posibilidades gráficas. Un ejemplo de esta posibilidad se ilustra en la figura 5.

Estos desarrollos están relacionados con la solución de la limitación número 4 enunciada anteriormente.

3.7. Incorporación de indicadores de evaluación.

Existen variados criterios que se han utilizado para evaluar estrategias de mantenimiento. Entre estos están los indicadores económicos o de planificación, algunos de los cuales constituyen criterios tradicionales de evaluación del mantenimiento y se han implementado en varios sistemas de gestión.

Otros, ya no tan comunes, cuyo origen está en las herramientas de optimización del mantenimiento partiendo de criterios de confiabilidad y riesgo, son los indicadores de no disponibilidad [6] y los de incremento

de riesgo [18]. Ambos se basan en el análisis de la indisponibilidad media de cada intervalo de mantenimiento ante la ocurrencia de determinada configuración de salida de servicio.

El código MOSEG incorpora no sólo indicadores de evaluación de estrategias ya desarrollados como los de no disponibilidad y de incremento de riesgo, sino que proporciona adicionalmente un método de evaluación multifactorial que incluye la combinación de indicadores de disponibilidad y riesgo de explotación del sistema, disponibilidad de personal, riesgo durante las intervenciones y costos durante la aplicación de la estrategia [9].

Este nuevo enfoque permite dar respuesta a las limitaciones número 6 y 7.

3.8. Metodología informatizada para la feterminación de las tareas de RCM.

La determinación de las posibles intervenciones de monitoreo a condición, monitoreo por tiempo y de búsqueda de fallos se realiza partiendo de un análisis que enlaza coherentemente criterios de técnicas de mantenimiento predictivo disponibles, datos sobre indisponibilidad de componente y de sistema y uso de metas probabilistas. De esta forma el software determina, para aquellos componentes candidatos a tareas derivadas del RCM, los tipos de intervenciones aplicables (Monitoreo a Condición, Monitoreo por

Tiempo, Búsqueda de Fallos), las técnicas de predictivo recomendadas para el monitoreo de la condición de estado técnico, los tiempos recomendados para el desmontaje y la revisión detallada y/o los tiempos de búsqueda de fallos a través de pruebas funcionales periódicas [13].

La aplicación de las herramientas de análisis de sistema a la determinación de tareas de RCM da respuesta a la limitación número 8.

4- Algunas aplicaciones realizadas con moseg win ver 1.0.

Entre las aplicaciones más importantes [2] del sistema de gestión de mantenimiento MOSEG están:

- 1 INSTEC (Instituto Superior de Tecnologías Y Ciencias Aplicadas): el sistema ha sido introducido con fines docentes en los cursos de formación de ingenieros de pregrado, así como en los cursos de postgrado, diplomados y maestrías impartidos en el instituto, entre ellos diplomados de mantenimiento, de gerencia tecnológica, maestría en instalaciones energéticas y nucleares. El desarrollo promovido por el INSTEC en el frente del mantenimiento orientado a la seguridad y la disponibilidad, ha permitido la creación de una amplia base bibliográfica en la temática que incluye varios libros [9, 21, 22].

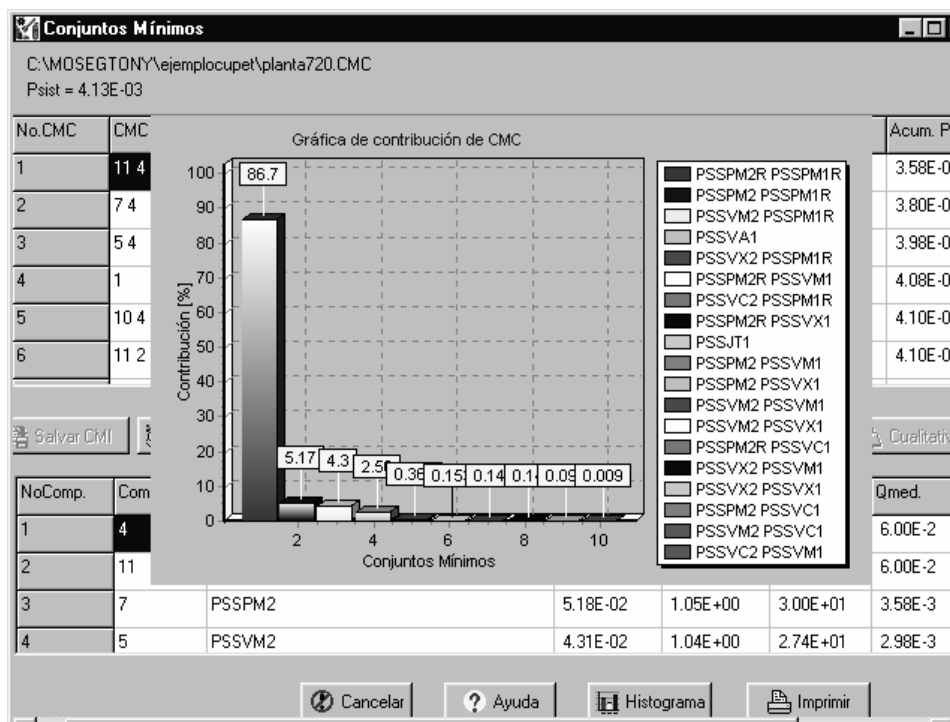


Figura 5. Histograma de contribución de CMC

2. ESIB (Escuela Superior de la Industria Básica): el sistema se ha utilizado para la capacitación de postgrado en diplomados de seguridad de la industria impartidos en la ESIB, donde se han formado más de 100 profesionales del sector. En este marco y utilizando el código MOSEG, se han preparado y presentado más de 40 proyectos de aplicaciones industriales de pequeña y mediana escala.
3. Planta nuclear de embalse (Argentina): como una aplicación industrial a gran escala se destaca el uso del sistema para los análisis anuales de no disponibilidad de varios sistemas de seguridad de la planta nuclear de embalse en Argentina.
4. Central termoeléctrica (cte) Máximo Gómez: el sistema MOSEG Win ver 1.0 ha sido instalado en esta cte para su utilización en la capacitación y en la gestión de mantenimiento de la planta, así como en el incremento de la seguridad durante las labores de mantenimiento.
5. CNSN (Centro Nacional de Seguridad Nuclear): el código MOSEG Win ver 1.0 ha sido instalado en el CNSN y se ha utilizado para la optimización del mantenimiento orientada a la seguridad y la confiabilidad en instalaciones industriales.
6. Planta de gas de Boca de Jaruco (CUPET): en el alcance del documento análisis de confiabilidad de la planta de gas de Boca de Jaruco, se introdujo un anexo de aplicación del sistema MOSEG Win ver 1.0, para mostrar su potencialidad de optimizar el mantenimiento de la instalación con un enfoque hacia la seguridad y la disponibilidad.

Empresa de Mantenimiento de Perforación y Extracción de Petróleo Occidente (EMPEP Occidente): El sistema MOSEG Win Ver 1.0 ha sido instalado en la EMPEP Occidente para asegurar labores de gestión de mantenimiento y las tareas de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

5 Conclusiones.

El área de mantenimiento ha sido una de las más favorecidas con el desarrollo de las aplicaciones de los análisis de confiabilidad y de los estudios de riesgo. Sin embargo, la realización de dichas aplicaciones requiere en general de un conocimiento especializado y sus resultados sobre el mantenimiento se ven restringidos a áreas específicas. Por otra parte, los sistemas de gestión

actuales adolecen del enlace necesario con los resultados de los análisis de confiabilidad y riesgo por lo que las ventajas de estas aplicaciones no se ven reflejadas en los mismos.

La metodología de Gestión de Mantenimiento Orientada a la Seguridad y la Disponibilidad y el código MOSEG Win Ver 1.0, soporte de la misma, han demostrado con su aplicación la posibilidad de enlazar con éxito la gestión y la confiabilidad en su grado más elevado. Este sistema centra su potencialidad en la priorización de esfuerzos y en la determinación de las intervenciones de mantenimiento más eficaces y efectivas para garantizar la funcionalidad de los sistemas de la instalación objeto de aplicación.

La construcción y evaluación automatizada de los modelos probabilistas se ha hecho posible para profesionales no expertos en dichos modelos complejos, a partir de los esquemas tecnológicos y otros datos habituales para el personal de mantenimiento. Esta potencialidad está implementada no sólo para la evaluación de las estrategias de mantenimiento sino también de la seguridad del personal mantenedor durante la vía libre. Ello conforma un novedoso método de evaluación multifactorial orientado a la toma de decisiones.

Se destaca, adicionalmente, la automatización de las tareas de RCM, con recomendaciones de los tiempos de intervención basadas no sólo en las características del equipo sino en su importancia relativa para la disponibilidad y/o seguridad de la instalación, siguiendo un enfoque en sistema.

6 Bibliografía.

1. Trevor kletz, what went wrong? Case histories of process plant disasters, p.392, isbn 0-88425-920-5, gulf publishing, houston, tx, u.s.a (1999).
2. Torres v. A., "metodología de la gestión de mantenimiento orientado a la seguridad y la confiabilidad", isbn 959-7136-16-3, v taller internacional de la cátedra de seguridad de la industria, centro de prensa internacional, C. Habana, Cuba, safind03_28 (2003).
3. Datastream system, inc., "system overview mp2 access 2000", usa <http://www.datastream.net/latinamerica> (2003).
4. Rivero, J., Salomón, J., Perdomo, M., Torres, A., "Estudios De Análisis Probabilista De Seguridad En Cuba", Revista Nucleus , **no 16**, p. 19-25 (1993).
5. C. Valhuerdi, J. Vilaragut, M. Perdomo, A. Torres, "Evaluación probabilista de la respuesta de la CEN Juraguá ante condiciones de station blackout",

- simposium on nuclear radiation for the development of latin america, veracruz, méxico, junio 2 – 6 de 1996, cap. 3 (1996).
6. Central nuclear de embalse, “Análisis probabilista de seguridad de nivel 1”, Embalse, Córdoba, Argentina (2001).
 7. S. Mayer, M. Patrik, A. Bareith, M. Cepin, “Risk informed decision making–maintenance (task 2 issue 6)”, project promoting cooperation between the nuclear regulatory authorities of the european union and their counterparts in the ‘applicant countries’ of central and eanstern europe, january 2002, chapter 3.7, p. 1-13 (2002).
 8. R. Clavijo, “Optimización de la gestión de mantenimiento a través del mantenimiento basado en el riesgo (rbm)”, revista Mantenimiento, **no. 84**, p. 21-32 (1995).
 9. Torres A., “Mantenimiento orientado a la seguridad”, p. 337-425, ISBN 959-7136-10-4, Cuba Energía, Ciudad Habana, Cuba (2000).
 10. C. Idhammar, “What constitutes world class reliability and maintenance?”, idcon, reliability and maintenance management consultant company, <http://www.idcon.com> (2003).
 11. Enel societa per azioni, dpt area servizi-uas-sad, curso de especialización, gestión del mantenimiento, lg-101, lg-106, Escuela De Cuadros del MINBAS, La Habana, Cuba, mayo 1992 (1992).
 12. Frisina, Franklin P., “Maintenance management system software”, patente no. 6385621, New York, U.S.A. (2002).
 13. T. Torres, A., Rivero, J., “Identificación de tareas de mantenimiento centrado en la confiabilidad”, memorias congreso internacional conjunto Cancún 2004 las/ans-snm-smsr, Cancún, Q. R., México, 11-14 de julio 2004 (2004).
 14. L. Tavares, Excelencia na manutencao, p. 23-29, p. 65-120, ISBN 85-85651-03-02, casa de qualidade, Salvador Ba, Brasil (1996).
 15. Torres, A., Rivero, J., “Patrones de evaluación probabilista del mantenimiento”, memorias congreso internacional conjunto Cancún 2004 las/ans-snm-smsr, Cancún, Q.R., México, 11-14 de julio 2004 (2004).
 16. J.M. Lucía Lucía, “Criterios para la información de la gestión de mantenimiento”, revista Mantenimiento, **no. 1**, http://www.servic.cl/art_rm/rev.html/rev01/rev1art1.html (1990).

Administration of Maintenance guided to Security.

Abstract.

One of the main reasons that makes maintenance when facing safety problems and facilities availability is the lack of maintenance management systems to solve these fields in a balanced way. Their main setbacks are shown in this paper. It briefly describes the development of an integrating algorithm for a safety and availability-oriented maintenance management by virtue of the MOSEG Win 1.0 code. Some of the applications of this system are also presented.

Key words: Maintenance, management, availability, safety, monitoring, assessment.