

El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor

Mayra de la C. Troncoso-Fleitas, Héctor R. Acosta-Palmer

Recibido el 1 de marzo de 2011; aceptado el 28 de abril de 2011

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo revelar y agrupar los principales hallazgos de seguridad detectados en Sistemas de Generación de Vapor, SGV, que influyen en su confiabilidad y disponibilidad y son causados por debilidades en la función mantenimiento. Los hallazgos han sido identificados mediante la aplicación de Técnicas de Identificación de Peligros, TIP, como Revisiones de Seguridad, Análisis HAZOP y Análisis Qué pasa si..?, entre otras metodologías y técnicas disponibles, a más de una treintena de instalaciones donde los SGV han cumplido funciones tanto de apoyo a la producción como a los servicios. Agrupar y analizar estos hallazgos, problemas o desviaciones de seguridad han revelado que, independientemente del grado de cultura de seguridad que presente la instalación objeto de estudio, tienen un mismo origen y requieren de acciones similares para su gestión.

Palabras claves: mantenimiento, confiabilidad, disponibilidad, seguridad, caldera, generación de vapor.

Maintenance on the reliability and availability of steam boiler systems

Abstract

This paper has as objective to develop and to group the main findings of safety detected in Steam Boiler Systems that influence in its reliability and availability and they are caused by weaknesses in the function maintenance. Findings have been identified by means of the application of Hazard Identification Techniques, HIT, like Safety Revision, HAZOP Analysis, What if..? Analysis and others methodologies and techniques available, applied to more than a thirty of where the Steam Boiler Systems have fulfilled functions in support to the production or services. Grouping and analyzing these findings, problems or deviations of safety have revealed that, independently of the grade of safety culture presents in the facility, they have common causes and they require of similar actions for their management.

Key words: maintenance, reliability, safety, availability, steam boilers.

1. Introducción.

Los accidentes solo pueden ser prevenidos anticipándose a la forma en que estos pueden ocurrir. Cualquier operación industrial en la que se utilice energía, maquinarias, productos químicos, etc., es potencialmente riesgosa y los accidentes en el ámbito laboral, tales como caídas, electrocución, contacto con partes de equipos, etc., son comunes a la mayoría de las industrias [1].

Todo activo físico se concibe para que realice una función y se espera que ésta sea realizada con alta disponibilidad y confiabilidad [2].

Los estudios de evaluación de la seguridad arrojan problemas que no son más que indicativos de debilidades de las barreras que existieron o de aquellas que deben estar presentes en una instalación. Estas barreras pueden ser de carácter técnico u organizativo y están relacionadas con todos los frentes y todas las etapas de vida de una instalación. Mientras mayor sea el número y más confiables sean estas barreras menor será el número de paros innecesarios y más alejada estará la probabilidad de un accidente con consecuencias para el hombre, la propia instalación y el medio ambiente [3].

El mantenimiento es la columna vertebral de la disponibilidad y de la confiabilidad de cualquier instalación porque es la encargada en gran medida de mantener esas barreras, fundamentalmente de las barreras técnicas [2, 4, 5]. Este hecho es ignorado o menospreciado por la gerencia de muchas instalaciones, incluso, de alta peligrosidad como es el caso de los sistemas de generación de vapor.

Por otra parte, se cuenta con evaluaciones de seguridad y riesgos realizados a un total de 35 sistemas de generación de vapor distribuidos en 9 instalaciones, de los cuales 30 corresponden a sistemas que apoyan procesos productivos en la industria minera, química y petroquímica del país [6] y 5 sistemas para el apoyo a actividades de servicio como hospitales, hoteles y grandes cocinas [7, 8]. Los resultados de estas evaluaciones han sido agrupados para analizar de forma integral aspectos como las incidencias comunes asociadas a la función mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de estas instalaciones.

Por ello el trabajo se propone como objetivo relevar y agrupar los principales hallazgos de seguridad detectados en Sistemas de Generación de Vapor, SGV, que influyen en su confiabilidad y disponibilidad y son causados por debilidades en la función mantenimiento.

Estos problemas y debilidades fueron detectados a partir de un análisis de riesgos realizado donde se aplicaron diferentes técnicas de identificación de peligros como una Revisión de Seguridad, Análisis HAZOP y Análisis Qué pasa si..?, entre otras [9, 10]. En el trabajo se describen los principales pasos seguidos para este análisis de riesgos.

De los hallazgos de seguridad se realiza una selección y se identifican aquellos que sean causados tanto por debilidades de la gestión como por acciones inadecuadas de mantenimiento y se categorizan los mismos proporcionándose un grupo de recomendaciones a tener en cuenta para superar dichas deficiencias.

Identificación de Peligros en los Sistemas de Generación de Vapor

La primera y más importante de las etapas de un Análisis de Riesgos es la identificación de "qué cosa es la que puede andar mal", es decir, la identificación de los peligros [1, 9, 10, 11]. La importancia de la identificación radica en que un peligro que no es identificado es un peligro que no va a ser considerado en etapas posteriores del análisis. Para evitar omisiones a la hora de identificar los peligros la industria ha desarrollado decenas de métodos, herramientas o técnicas [9, 10, 11, 12]. Estas Técnicas de Identificación de Peligros, TIP, pueden ser agrupadas en función de su grado de sistematicidad, si son tabulares, gráficas o no; si son cuantitativas o no; si están encaminadas a revelar peligros de manera reactiva o predictiva y hasta si son técnicas que permiten la organización de tormentas de ideas. Hasta ahora no puede decirse que la aplicación de una sea superior o mejor a las demás, la selección y uso de las mismas va a depender de la documentación que se disponga y de los objetivos a alcanzar con su uso, mientras que su eficacia va a estar en función de la destreza y habilidad del analista o equipo de analistas encargados de llevar a cabo el levantamiento de los peligros.

En la tabla 1 aparecen las TIP más conocidas y algunas de sus formas de clasificación.

Tabla 1. Clasificación de las TIP

No	TIP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Listas de Chequeo	X		X						X			X	
2	Revisión de Seguridad	X		X						X			X	
3	Auditoría de Seguridad	X		X						X			X	
4	Análisis Histórico de Accidentes		X	X						X				
5	Análisis Causa Raíz		X		X	X	X			X			X	X
6	Análisis Preliminar de Riesgos, PHA	X			X	X		X		X				X
7	Análisis de Peligros Operacionales, HAZOP	X			X	X		X		X				X
8	Análisis de Modos y Efectos de Fallos, FMEA	X			X	X		X		X		X		X
9	Análisis Qué pasa si...?	X			X	X		X		X				X
10	Árboles de Eventos	X			X	X			X		X			X
11	Árboles de Fallos	X			X		X		X		X			X
12	Magnitud del Riesgo, (<i>William Fine, R. Pikens</i>)	X			X							X		X
13	Matrices de Riesgos	X			X							X		X

Donde:

1: Proactivo, 2: Reactivo, 3: Preescriptivas, 4: Predictivas, 5: Inductivas, 6: Deductivas, 7: Tabulares, 8: Gráficas, 9: Cualitativas, 10: Cuantitativas, 11: Semicuantitativas, 12: Enfoque Determinista, 13: Enfoque Probabilista

La información que se analiza en el trabajo es producto de la aplicación de diversas TIP para la identificación de Peligros en más de una docena Sistemas de Generación de Vapor.

Para los análisis siempre se han aplicado la combinación de los dos enfoques, el determinista y el probabilista, utilizándose como constante la Revisión de Seguridad como método de enfoque determinista acompañado de una TIP con enfoque probabilista.

La Revisión de Seguridad abarca la evaluación de la instalación respecto al cumplimiento de los requerimientos de seguridad establecidos en las normas de referencia, orientada a evaluar, según resulte apropiado, la capacidad de los sistemas, componentes y estructuras en el cumplimiento de las funciones de seguridad de la instalación. Los requerimientos que son considerados para la revisión son aquellos dirigidos a garantizar la seguridad de la instalación, entendiéndose como tal, las características del diseño y de la organización de la explotación (operación y mantenimiento) destinadas a prevenir con un alto grado de fiabilidad las situaciones accidentales y de ocurrir éstas, cómo atenuar las consecuencias sobre los equipos e instalaciones, las personas y el medio ambiente. El objetivo de la aplicación de este enfoque determinista es revelar aquellos peligros evidentes, es decir, las desviaciones con respecto a la seguridad que están establecidas en la legislación, regulaciones y normativas, por lo que constituyen requisitos de obligatorio cumplimiento para la instalación [9, 10].

Para los Sistemas de Generación de Vapor las principales normas técnicas tenidas en cuenta para la revisión de seguridad son:

- NC15-61 Maquinas térmicas. Calderas de vapor igneotubulares Especificaciones generales de calidad.
- NC19-02-28 SNPHT. Calderas de vapor y agua caliente. Requisitos generales de seguridad.
- NC19-02-30 SNPHT. Calderas de vapor y agua caliente. Dispositivos de alimentación de agua.
- NC19-02-33 SNPHT. Calderas de vapor y agua caliente. Requisitos para indicadores del nivel de agua.
- NC19-02-34 SNPHT. Calderas de vapor y agua caliente. Requisitos para las válvulas de seguridad.
- NC19-02-56 SNPHT. Calderas de vapor y agua caliente. Requisitos generales de seguridad para la instalación de los manómetros
- NC19-03 Técnica de seguridad. Tubería para vapor y agua caliente. Requisito para la instalación y fabricación.
- NC19-05 Técnica de seguridad. Calderas de vapor y agua caliente. Términos y definición.
- NC19-23 SNPHT. Calderas de vapor y agua caliente. Requisitos para los elementos de fijación.
- NC19-31 SNPHT. Calderas de vapor y de líquidos con agentes orgánicos portadores de calor. Requisitos de dependencia de los métodos de calentamiento

Además, se consideraron las exigencias establecidas en la Resolución 39 del 2007 del MTSS “Bases generales de Seguridad”, así como algunas consideraciones establecidas en códigos internacionales como:

- Instrucción Técnica Complementaria relativa a Calderas, Economizadores, Precalentadores, Sobrecalentadores y Recalentadores. (O. 17-3-1982. BOE 8-4-1981) (O.28-3-1985. BOE 13-4-1985) ITC MIE AP1 (España).
- Instrucción Técnica Complementaria referente a tuberías para fluidos relativos a calderas MIE-AP2. (España).
- UNE 9-310-92. Instalaciones transmisoras de calor mediante líquido diferente de agua.
- NFPA 30. Flammable and Combustible Liquids Code. 2000 Edition.
- API RP 500. Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities.

Una vez detectados los peligros “evidentes” se aplica una o varias TIP con enfoque probabilista para identificar los peligros no tan evidentes presentes en la instalación. Generalmente durante el proceso de aplicación de TIP con enfoque probabilista surgen nuevas interrogantes de carácter determinista que conducen al enriquecimiento de este proceso.

Entre las TIP con enfoque probabilista que más se han utilizado para la identificación de los peligros en el análisis de los Sistemas de Generación de Vapor se encuentran:

Análisis Histórico de Accidentes e Incidentes: es una herramienta de identificación de peligros que hace uso de los datos recogidos en el pasado sobre accidentes y posibilita el planteamiento de posibles situaciones accidentales, por lo que la ventaja de esta técnica radica precisamente en que se refiere a accidentes ya ocurridos y los peligros identificados son indudablemente reales [1, 9, 10].

Análisis ¿Qué pasa si...?: es un método no estructurado que considera resultados de eventos no esperados que pudieran conducir a un resultado indeseable. Requiere de un conocimiento básico del sistema y la disposición mental para cambiar o sintetizar posibles desviaciones. Tiene un ámbito de aplicación amplio, ya que depende del planteamiento de las preguntas que pueden ser relativas a cualquiera de las áreas a las que se proponga la investigación como: seguridad eléctrica, protección contra incendios, etc. Este método usa preguntas que comienzan con “¿Qué pasaría si...?” y da respuestas incluyendo peligros, consecuencias, protecciones, y posibles soluciones [1, 9, 10].

Análisis Modos y Efectos de Fallos, FMEA: es un método inductivo de análisis cualitativo de fiabilidad basado en la pregunta: ¿Qué ocurre si...? que permite analizar y despejar de forma sistemática los efectos de fallos de componentes sobre las funciones de un sistema o instalación industrial. El método parte de la definición de una falla única en el equipamiento o tuberías de un sistema, determinando los efectos de ésta para el sistema al cual pertenece, para otros sistemas y para la instalación en general. La técnica de FMEA es adecuada para revelar los fallos potencialmente críticos. El FMEA también provee de una buena herramienta a diseñadores, operadores y analistas de seguridad permitiéndoles discutir y trabajar sobre el mejoramiento del diseño y operación, así como establecer prioridades en las mejoras o acciones correctivas a introducir [1, 9, 10,11, 12].

Análisis HAZOP (del inglés *Hazard and Operability Analysis*): es una técnica cualitativa sistemática de estimulación creativa del pensamiento para la identificación de peligros potenciales y operabilidad de procesos. Está basado en el principio de que un grupo de expertos con experiencias diferentes pueden interactuar en un objetivo de modo sistemático e identificar más problemas cuando trabajan juntos y combinan sus resultados que cuando trabajan de manera independiente. Durante el HAZOP, la instalación se subdivide en una serie de nodos siguiendo el proceso que en ésta ocurre. Para cada nodo se examinan las desviaciones que pueden sufrir sus parámetros derivados de un conjunto de palabras guías preestablecidas [1, 9, 10, 11, 12].

Matrices de Riesgo: Constituyen un método simple de categorización del riesgo a partir del análisis combinado de la probabilidad de ocurrencia del evento indeseado y las consecuencias de sus efectos. Normalmente, las matrices se construyen en dos ejes, donde un eje representa el incremento de la severidad de las consecuencias y el otro eje incremento de la probabilidad de ocurrencia. El grado de urgencia se establece interceptando ambos ejes [1, 9, 10, 11].

Las evaluaciones de seguridad se han realizado mediante la aplicación del Enfoque Integral de Seguridad, que es una metodología que permite la integración y aplicación selectiva y combinada de de estas técnicas de evaluación de la seguridad para lograr una amplia identificación de los problemas de seguridad y los riesgos de una instalación, clasificándolos según su importancia con el objetivo de facilitar su prevención, reducción y manejo por parte de la gerencia. La metodología ha sido el producto del esfuerzo de un grupo de especialistas con una vasta experiencia en el tema y de una intensa búsqueda bibliográfica. En el año 2001 esta metodología fue seleccionada como Servicio Científico Técnico destacado a nivel de Agencia de Energía Nuclear del Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente-CITMA [9]. Estos estudios tienen en común que se han realizado con la participación del personal de la instalación que es aquel personal familiarizado con los peligros y problemas de su instalación.

Los sistemas de generación de vapor tienen como elemento principal la caldera de vapor que es considerada como un sistema pero, además, para su funcionamiento requieren de un sistema de suministro de agua y otro de suministro de combustible que son sistemas auxiliares o de apoyo para el trabajo de la caldera. Estos tres subsistemas cumplen funciones diferentes dentro del sistema de generación de vapor, por lo que para la identificación de peligros y con vistas a garantizar una sistematicidad en los análisis que evite omisiones importantes, estos sistemas se han tratado de manera independiente.

Las principales desviaciones o peligros analizados, mediante el empleo de cualquiera de las TIP que haya sido seleccionada en su momento, pueden agruparse en:

- Sistema de Suministro de Agua
 - ❖ Tratamiento del agua de alimentar a la Caldera.
 - ❖ Temperatura del Agua de alimentar.
 - ❖ Flujo de Agua.
 - ❖ Nivel de Agua en el Tanque de almacenamiento o de condensados.
- Sistema de suministro de combustible
 - ❖ Suministro de Fuel Oil a los quemadores.
 - ❖ Suministro de gas a los quemadores.
 - ❖ Nivel en tanque de almacenamiento de Fuel Oil
 - ❖ Fugas
- Caldera de Vapor
 - ❖ Nivel de agua en la caldera
 - ❖ Calidad del vapor a la salida de la caldera (contenido de humedad)
 - ❖ Temperatura en la Caldera.
 - ❖ Trabajo del quemador

Mediante la aplicación combinada de estas TIP se han detectado decenas de desviaciones y se han emitido sus respectivas recomendaciones. Toda desviación o peligro detectado constituye una debilidad a la confiabilidad de la instalación y pone en peligro su disponibilidad. Las recomendaciones propuestas en cada estudio [6, 7, 8], que hoy sirve de base para este análisis, han estado dirigidas a ayudar al proceso de toma de decisiones por parte de la gerencia de cada instalación en particular y han sido tanto de carácter técnico como administrativo. Los peligros identificados han estado asociados a desviaciones en el diseño, problemas de operación, problemas gerenciales u organizacionales donde han primado las debilidades en la función mantenimiento que engloba tanto su gestión como su ejecución.

Debilidades en la confiabilidad y disponibilidad causadas por ausencia o inadecuadas acciones de mantenimiento

A los Sistemas de Generación de Vapor en las diferentes entidades se les da la atención en correspondencia con el grado de cultura de seguridad que se tenga en la misma [13]. La cultura de seguridad en instalaciones cuya función principal es dar servicio como es el caso de hospitales, hoteles, cocinas para grandes comedores, es muy inferior, es decir, mucho más débil o inexistente con respecto a las instalaciones destinadas a la producción. Para estas últimas se han destinado planes de capacitación, entrenamiento, auditorias, etc., donde la seguridad constituye un factor importante debido al riesgo en general que afronta la instalación. Esto hace que, a pesar de que presenten problemas de igual naturaleza la magnitud de los mismos es diferente.

Todos los problemas de seguridad detectados se pueden agrupar en dos grandes grupos: problemas relacionados con la gestión, es decir, debilidades con respecto a la documentación, la capacitación, registros, etc. y, por otra parte, problemas relacionados con el diseño y la operación de la instalación. Los problemas de seguridad o debilidades, a que se refiere el presente trabajo, no son más que ausencia o resquebrajamiento de una u otra barrera de seguridad que existía o que debería existir. Estas barreras de seguridad son las que dan cumplimiento a los requisitos de seguridad que exige la normativa base de diseño y de obligado cumplimiento de los sistemas de generación de vapor, así como no cumplimiento con buenas prácticas recomendatorias.

En la tabla 2 se indican 8 de los problemas más comunes detectados y que están asociados a mantenimiento y las correspondientes recomendaciones categorizadas en actividades de ejecución (E), de gestión (G) o ambas (A).

Tabla No.2: Problemas y recomendaciones asociadas a mantenimiento.

Donde: **E** - Actividades propias para ejecutar, **G** - Actividades propias de gestión, **A** - Para ambas

No.	Problemas/Recomendaciones	E	G	A
	<u>Problema</u> El Programa de Mantenimiento de la instalación no garantiza en todo momento la integridad del equipamiento. Generalmente se observa gran deterioro por corrosión, tanto en equipos como en tuberías, así como fugas de vapor y sustancias combustibles lo que denota un pobre papel de la actividad de mantenimiento y de la Cultura de Seguridad en la instalación.			
	<u>Recomendaciones</u>			
	Implementar un Programa de Mantenimiento que incluya toda la Instalación, sobre la base de la experiencia operacional previa, las exigencias del fabricante, incluida la base de diseño y las buenas prácticas internacionales. Este deberá incluir también la preparación y limpieza de la superficie del equipamiento sometido a presión (recipientes, tuberías y válvulas), garantizando en todo momento la integridad mecánica durante toda la vida útil de la instalación y la protección al medio ambiente.		X	
	Antes de la puesta en marcha de la instalación la misma deberá ser sometida a la inspección interior, control del metal base y las uniones soldadas y la prueba hidráulica con el objetivo de comprobar que la misma cumple con los requisitos de resistencia y hermeticidad acorde a lo establecido en las condiciones de diseño.			X
	Se recomienda realizar pruebas hidráulicas periódicas al equipamiento sometido a presión así como la realización de ensayos de medición de espesor y control de uniones soldadas mediante la aplicación de técnicas de ensayos no destructivos (radiografía, ultrasonido, etc.)	X		
	<u>Problema</u> No se han tenido evidencias documentales de que las válvulas de seguridad hayan sido probadas o sometidas a mantenimiento.			
	<u>Recomendaciones</u>			

No.	Problemas/Recomendaciones	E	G	A
	Realizar mantenimiento y calibración periódico de todas las válvulas de seguridad de la Instalación	X		
	Establecer un programa de pruebas y mantenimientos periódicos que responda a las normas y buenas prácticas internacionales.		X	
	<u>Problema</u> No siempre las válvulas de seguridad de las calderas estaban provistas de medios para el accionamiento manual o a distancia de las mismas que permitieran comprobar periódicamente su funcionamiento seguro.			
	<u>Recomendaciones</u>			
	En la válvula de seguridad se preverá el accionamiento manual, y si es necesario, se dotará de un dispositivo que permita realizar la apertura forzada a distancia de las mismas. Las válvulas de seguridad de las calderas deberán ser probadas en cada turno de trabajo.	X		
	<u>Problema</u> El acceso a diferentes equipos y válvulas resulta altamente complicado impidiendo en muchos casos el mantenimiento y la operación segura de la instalación. En algunas ocasiones se ha observado ausencia de plataformas de mantenimiento o medios portátiles de acceso seguro para realizar estas actividades.			
	<u>Recomendaciones</u>			
	Los recipientes a presión así como sus válvulas deberán tener alrededor de sus puntos de operación plataformas y pasillos provistos de baranda para garantizar su operación, mantenimiento y operaciones de liquidación de una avería, sin afectar su seguridad y resistencia. En ausencia de estas se garantizará el acceso mediante escaleras o plataformas móviles, las cuales deben garantizar la debida seguridad para los operadores.	X		
	<u>Problema</u> En ocasiones los pasaportes técnicos de equipos sometidos a presión de la instalación no están debidamente actualizados, es decir, no reflejan todos los controles realizados al metal base y la unión soldada así como las reparaciones efectuadas.			
	<u>Recomendaciones</u>			
	Todo trabajo de mantenimiento o reparación debe ser incluido en su pasaporte.		X	
	<u>Problema</u> Existen tuberías y equipos con temperaturas de pared superiores a 45 °C que no se encuentran debidamente aisladas lo cual constituye una violación de lo establecido en las normas cubanas.			
	<u>Recomendaciones</u>			
	Todas las tuberías con temperatura exterior de pared superior a los 45 °C deberán ser aisladas térmicamente. Por otra parte la pérdida de aislamiento provoca graves afectaciones al proceso tecnológico por perder parámetros por lo que se debe acometer de inmediato un mantenimiento general a todo el aislamiento térmico de la instalación.	X		

<p><u>Problema</u> Se han detectado instrumentos de medición no calibrados y sin el debido mantenimiento. En más de la mitad de los sistemas de generación de vapor se detectan y señalan problemas de indisponibilidad, mala distribución o ubicación de instrumentos de medición tales como: instrumentos de medición de un mismo parámetro bajo diferente sistema de unidades; ubicación de medios y equipos de medición en lugares inaccesibles para la toma de su lectura; escala de los instrumentos de medición no adecuada, no señalización de la presión máxima y mínima en los manómetros, inexistencia o ausencia de los instrumentos de medición necesarios.</p>			
<p><u>Recomendaciones</u></p>			
El mantenimiento y calibración de los instrumentos de medición debe realizarse con un periodo no mayor de 1 año entre las pruebas.	X		
Todos los manómetros deberán estar verificados metrológicamente por una entidad competente y deberán poseer su sello y certificado como constancia de tal verificación.		X	
En la escala de trabajo (máximo y mínimo) de los instrumentos de medición se marcará en rojo.	X		
<p><u>Problema</u> La documentación presenta diferente grado de completamiento. De manera general, la totalidad de los SGV han presentado problemas con la documentación, tales como: En la sala de calderas no se dispone del manual de procedimientos de mantenimiento (no se encuentran al alcance del operador). En ocasiones no existen los procedimientos. No se dispone de toda la documentación que requieren las buenas prácticas de seguridad para la explotación de instalaciones con alto potencial de riesgo. No se encuentra debidamente actualizada ni concentrada en un lugar accesible.</p>			
<p><u>Recomendaciones</u></p>			
Debe estar al alcance de los operadores y en la sala de calderas los procedimientos para la operación normal, mantenimiento y emergencias.		X	
La descripción de la instalación y la documentación base de diseño debe estar debidamente actualizada (<i>as built</i>) y al alcance de los operadores		X	
Deberá confeccionarse y aprobarse los procedimientos de operación normal y de emergencia que garanticen la operación segura de la instalación y considere el modo de actuación de los operadores ante los posibles accidentes que puedan tener lugar durante la vida útil de la misma. Se deberán incluir como mínimo: Descripción del proceso. Descripción de los equipos que intervienen en el proceso. Procedimientos de Puesta en Marcha, Parada y Espera. Procedimientos de reanudación tras una parada prolongada. Procedimientos de Operación Normal. Límites de operación normal. Registro de los datos. Principales riesgos asociados al proceso tomados, entre otros, de las conclusiones y recomendaciones de este y otros estudios. Procedimientos de operación fuera de las condiciones normales de operación. Recambio de aditivos y otros elementos que se utilizan en el proceso.		X	
<p><u>Problema</u> En casi la totalidad de los casos se carece de la clasificación de las áreas con peligros de incendio y explosión. No se encuentra descrita de manera explícita en ningún documento</p>			
<p><u>Recomendaciones</u></p>			
Es importante tener en cuenta que la clasificación de áreas eléctricas tiene como objetivo no solo tener los criterios para la selección del equipamiento eléctrico y electrónico en aquellas áreas donde se puedan concentrar gases o vapores explosivos o combustibles que puedan inflamarse o explotar sino también la de servir de ayuda para identificar los riesgos y realizar las debidas			X

	<p>indicaciones de seguridad durante la planificación de mantenimientos y operaciones en estas áreas.</p> <p>Todas las áreas deben clasificarse (y documentarse) en dependencia de las propiedades de la sustancia de trabajo considerando individualmente cada local o área.</p> <p>Debe realizarse una comprobación detallada de todo el equipamiento con respecto a la clasificación, para verificar si todo el equipo eléctrico está certificado en correspondencia con la clasificación de áreas.</p> <p>Para la selección del material eléctrico apropiado para el emplazamiento peligroso se deberá tener en cuenta la siguiente información:</p> <p>Clasificación del emplazamiento.</p> <p>Temperatura de ignición de la sustancia combustible.</p> <p>Las influencias externas y la temperatura ambiente a que se verá sometido el material eléctrico.</p> <p>Se deben mantener cerrados todos los registros eléctricos debido a que estos pueden constituir la fuente de ignición en caso de producirse un escape de las diferentes sustancias que se manejan en la instalación.</p>			
	<p><u>Problema</u></p> <p>Insuficiente señalización y etiquetado de válvulas, líneas y recipientes. El sistema de etiquetado resulta importante en la prevención y reducción de las probabilidades de errores humanos y debe estar dirigido a señalar el carácter del riesgo de accidente de las sustancias que se utilizan y a evitar confusión, durante el funcionamiento normal o de emergencia, que pudiera provocar o agravar un accidente</p>			
	<p><u>Recomendaciones</u></p> <p>Se recomienda documentar el sistema de etiquetado y señalización de equipos y sistemas de la Instalación e incorporar en el mismo las siguientes recomendaciones y buenas prácticas en este campo:</p> <p>Todas las etiquetas deben ser claras y duraderas (no papel), indicando como mínimo el código del componente y su estado o posición.</p> <p>Las etiquetas deben estar en placas, rótulos u otra forma, pero fijadas con firmeza a la parte con que están relacionadas o marcadas directamente sobre ellas, deberá verificarse que las etiquetas no impidan la visibilidad de los instrumentos de medición, el estampado directo (grabado a relieve) de los datos sobre cualquier parte del componente o equipo solo se debe realizar si:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ No menoscaba la integridad de la parte o equipo ▪ Soporta el desgaste sin dejar de ser legible ▪ soporta pintura encima (una capa) sin dejar de ser legible <p>Las etiquetas deben advertir las condiciones peligrosas que resultarán si el equipo es accionado y deben incluir alguna leyenda tal como “no arrancar”, “no abrir”, “no cerrar”, “no accionar”, “no operar”, etc.</p> <p>Debe respetarse el cromatismo industrial y señalar los sentidos de los flujos.</p> <p>Deben señalizarse los sentidos de apertura y cierre de válvulas.</p> <p>Las etiquetas deben ser visibles, por lo que los locales en los que se encuentren deben permanecer alumbrados y accesibles</p>			X

Conclusiones.

1. Las debilidades detectadas en la función mantenimiento, tanto lo correspondiente a la gestión como a la ejecución del mantenimiento, tienen implicaciones directas en la seguridad, disponibilidad y confiabilidad de una instalación.
2. Con la aplicación de estudios de seguridad se logran detectar debilidades en la función mantenimiento con consecuencias directas en la seguridad, en la confiabilidad y disponibilidad de una instalación.

Recomendaciones

1. Vincular la evaluación de la función mantenimiento con el empleo de Técnicas de Identificación de Peligros reconocidas por la industria
2. Capacitar y entrenar al mantenedor en función de la importancia que su actividad implica para la disponibilidad y confiabilidad de la instalación teniendo en cuenta los resultados de estudios de seguridad.
3. Considerar la integración de la seguridad con los conceptos de mantenimiento, calidad, medio ambiente y operación como la única vía de lograr un óptimo desempeño en los rendimientos esperados con eficiencia y eficacia.

Referencias

1. Center for Chemical Process Safety (CCPS). *Guidelines for Risk Based Process Safety*. A John Wiley and Sons, Inc. 2007. 768 p. ISBN 10-0470165693.
2. Dhillon, B. S. *Engineering maintenance: a modern approach*. USA: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. 2002. [Consultado el: 15 de febrero de 2011].
Disponible en: http://site.iugaza.edu.ps/sabdelall/files/2010/02/Engineering_Maintenance_a_modern_approach.pdf
ISBN 1-58716-142-7.
3. IAEA. *Fundamental safety principles: safety fundamentals*. No. SF-1, 2006. Vienna : International Atomic Energy Agency. [Consultado el: 8 de febrero de 2011]
Disponible en: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1273_web_ISBN_92-0-110706-4.
4. Troncoso Fleitas, M. y Acosta Palmer, H. "Influencia del mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un Sistemas de Generación de Vapor". En: *Actas de la 15 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. VI Congreso de Ingeniería de Mantenimiento*, La Habana, 2010. ISBN 978-261-317-1.
5. IAEA. *Application of Reliability Centred Maintenance to optimize operation and maintenance in Nuclear Power Plants*. IAEA-TECDOC-1590. Austria: IAEA, Nuclear Power Engineering Section. May 2008. 94 p. [Consultado el: 15 de febrero de 2011]
Disponible en: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1590_web.pdf .ISBN 978-92-0-105008-3
6. CITMA. *Estudios de Seguridad y Riesgos realizados a diferentes instalaciones mediante contrato*. La Habana: Inversiones Gamma S.A., División Administración de Riesgos. 1998-2009.
7. Daisson Danger, D. "Análisis de Seguridad de los Sistema de Generación de Vapor de la CUJAE". Tutor: Mayra Troncoso Fleitas. Trabajo de Diploma. Centro de Estudio de Ingeniería de Mantenimiento. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Cuba, junio 2010.
8. Troncoso Fleitas, M. y Acosta Palmer, H. "Medidas para la mejora de la seguridad tecnológica en la sala de calderas de una Instalación Hospitalaria". En: *Convención Internacional de Energías Renovables*. La Habana, 2009. ISBN: 978-959-261-288-4
9. CITMA. *Enfoque Integral de Evaluación de Seguridad en Instalaciones de Alto Riesgo*. La Habana: Centro Nacional de Seguridad Nuclear. 2001.
10. Milstein, R. I. *Integrated Safety Analysis Guidance Document*. Washington D.C.: U-S. Government Printing Office. NUREG-1513. U.S. Nuclear Regulatory Commission. May. 2001. 73 p. [Consultado el: 8 de febrero de 2011].
Disponible en: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1513/sr1513.pdf>
11. Center for Chemical Process Safety-CCPS. *A Practical Approach to Hazard Identification for Operations and Maintenance Workers*. USA: John Wiley and Sons, Inc., Wiley-Interscience, 2010. 295 p. ISBN: 978-0-470-63524-7

12. Stamatelatos, M. *Probabilistic Risk Assessment Procedure Guide NASA Managers and Practitioners*. Washington D.C.: Office of Safety and Mission Assurance. NASA Headquarters. Version 1.1. August 2002. 323 p. [Consultado el: 8 de febrero de 2011].
Disponible en: <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/doctree/praguide.pdf>
13. IAEA. *Safety Culture.*, Vienna: International Nuclear Safety Advisory Group. No. 75-INSAG-4 1991. [Consultado el: 8 de febrero de 2011], Disponible en:
http://www.pub.aiea.org/MTCD/publications/PDF/Pub_882_web.pdf ISBN 92-0-123091-5

Mayra de la C. Troncoso-Fleitas, Héctor R. Acosta-Palmer

Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento - CEIM,

Facultad de Ingeniería Mecánica. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Cujae

Calle 114, # 11901, e/ Ciclovía y Rotonda. Marianao. La Habana. CP 19390. Cuba.

Teléfono: (537) 266 3628, Fax: (537) 267264 Email: mayra@ceim.cujae.edu.cu , hacosta@ceim.cujae.edu.cu