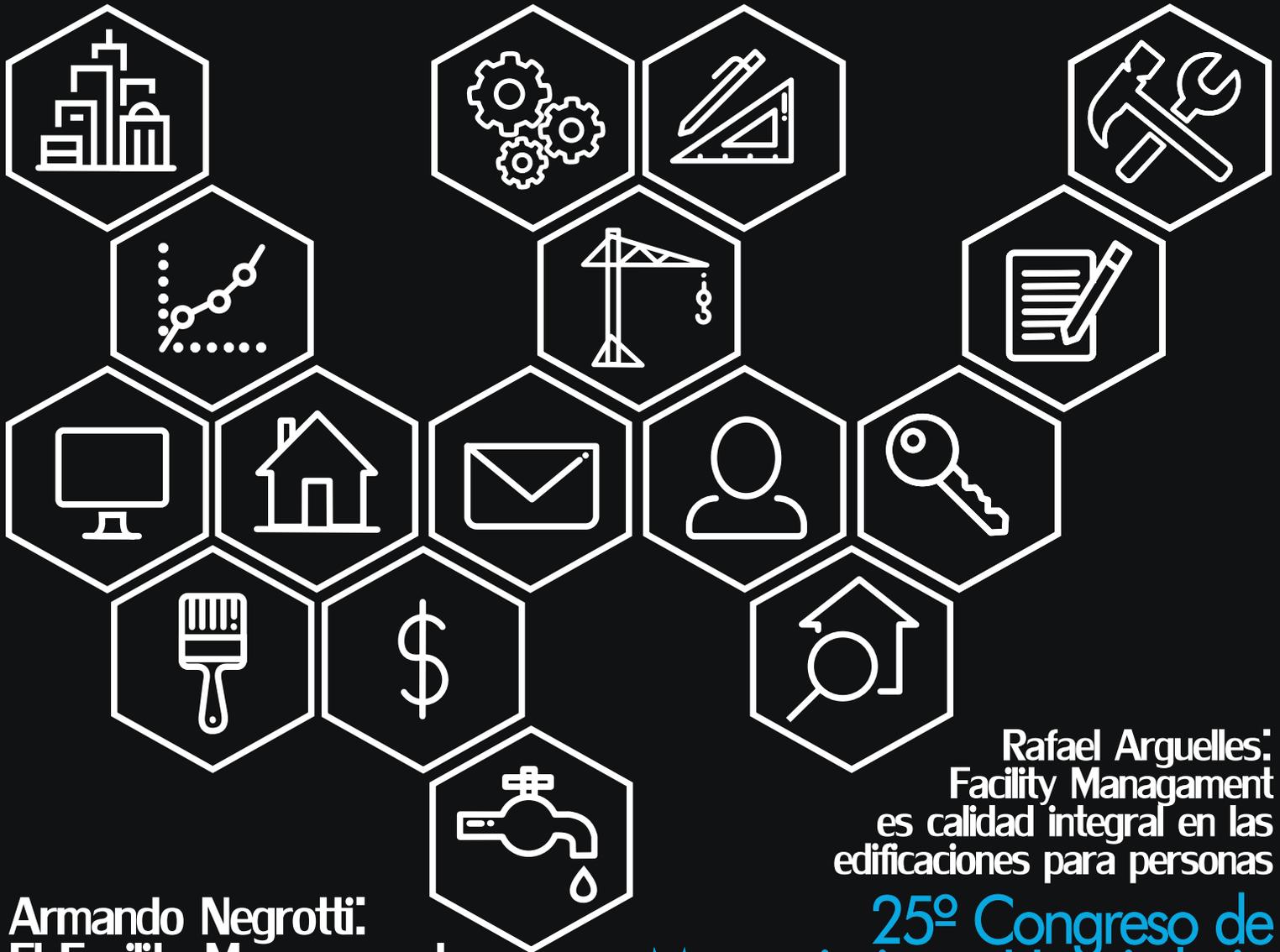


PREDICTIVA 21



Armando Negrotti:
El Facility Management comienza desde la proyección

Creada la Sociedad de Facility Management de Venezuela

Análisis de Lubricantes y sus competencias técnicas

Rafael Arguelles:
Facility Management es calidad integral en las edificaciones para personas

25º Congreso de Mantenimiento Hospitalario

Gerardo Trujillo:
La Presidencia del Copiman descansa en un grupo de mentes con la esperanza de dejar huella en el camino

Blas Galván:
La creación de PlanetRams es la concreción de un largo sueño

Ingeniería
Mantenimiento
Confiabilidad
Gestión de Activos



CUARTO TRIMESTRE DE CURSOS - AÑO 2017

Dictados por profesionales especializados en las áreas del Asset Management

Temas	 Panamá	 México	 Colombia		 Venezuela	
	Cd. Panamá	Villahermosa	Cartagena	B/bermeja	Maturín	Pto La Cruz
Gestión de Activos y Confiabilidad Operacional			18 al 20/10			
Pruebas de Eficiencia en Compresores Centrífugos y Turbinas a Gas			23 al 26/10			28/11 al 01/12
Gerencia de Integridad de Ductos		28 /11 al 01/12	23 al 26/10			03 al 06/10
Optimización de Inventarios de Repuestos para Mantenimiento				30/10 al 01/11	23 al 25/10	22 al 24/11
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad		25 al 27/10			18 al 20/10	08 al 10/11
Costos de Ciclos de Vida		15 al 17/11				
Análisis de Costos en Ciclos de Vida y Obsolescencia de Activos Industriales						09 al 11/10
Confiabilidad Humana en la Gestión de Activos					15 al 17/11	
Análisis Causa Raíz	15 al 17/11				09 al 11/10	25 al 27/10
Análisis RAM de Activos Industriales					20 al 22/11	18 al 20/10
Análisis de Criticidad					02 al 03/10	30 al 31/10
Introducción a la Planificación del Mantenimiento					04 al 06/10	01 al 03/11
Selección, Operación y Mantenimiento de Motocompresores Recíprocos	28/11 al 01/12				24 al 27/11	
RBI - Planes de Inspección Según API Rp580/581 Ediciones 2016	15 al 17/11	20 al 22/11	24 al 26/10			

¡Continuamos formando profesionales!



INGENIERÍA
GESTIÓN DE ACTIVOS
CONFIABILIDAD
MONITOREO DE CONDICIÓN



SiM



**Proveemos Soluciones
orientadas a mejorar
la Seguridad, Rendimiento,
Confiabilidad y Costos durante
el Ciclo de Vida de sus Activos**

Soluciones de Ingeniería
y Mantenimiento, S.L.
Paseo de la Castellana, 95, 15ª 28046
Madrid ESPAÑA

www.sim-sl.com
+34 914 185 070
+34 917 577 400
info@sim-sl.com

JUNTA DIRECTIVA

Publisher / Editor:

Enrique González
enrique.gonzález@predictiva21.com

Gerente de Mercadeo

Francisco Barreca
francisco.barreca@predictiva21.com

Directora Editorial:

Alimey Díaz
alimey.diaz@predictiva21.com

Periodista Editor:

Maite Aguirrezabala
maite.aguirrezabala@predictiva21.com

Diseño y Diagramación:

Sophia Méndez
sophia.mendez@predictiva21.com

Digitalización y Web Master:

Edgarmis Villarroel

Traductor:

Richard Skinner
richard.skinner@predictiva.com

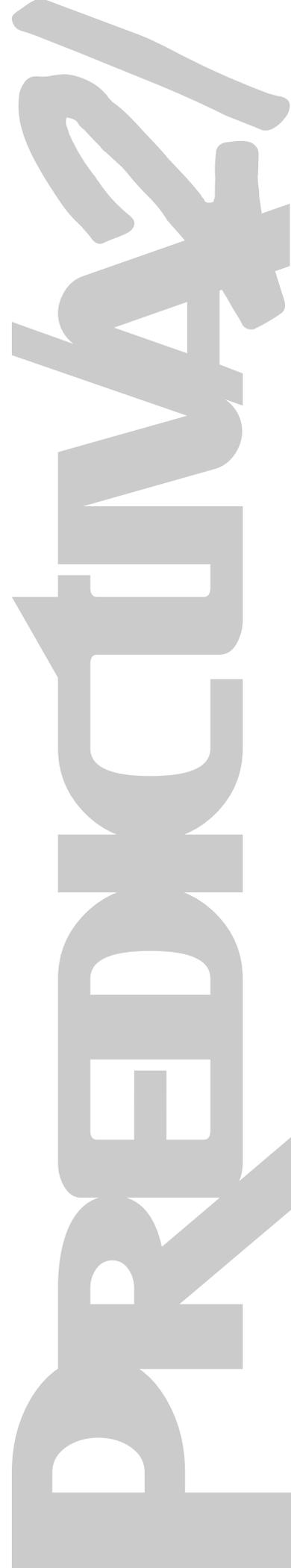
Diseño de Portada:

Maria Triolo
maria.triolo@predictiva.com

Colaboradores:

Gerardo Trujillo C.
Edgar Fuenmayor
Armando Negrotti
Henry Villarroel
Rafael Argüelles
Alexis Lárez Alcázar
Edwin Gutierrez
María Teresa Romero
Diego Nava
Odlanier J. Mendoza M.

Predictiva21 no se hace responsable por las opiniones emitidas en los artículos publicados en esta edición. La línea editorial de esta publicación respetará las diversas corrientes de opinión de todos sus colaboradores, dentro del marco legal vigente.



INDICE

06 | **EDITORIAL**

08 | **Análisis de lubricantes
Y sus competencias técnicas**
Artículo Técnico

12 | **Congreso de mantenimiento
y confiabilidad México 2017**
Nota de prensa

16 | **Análisis de reemplazo
de un activo físico**
Artículo Técnico

29 | **Buenos Aires será el epicentro
del Facility Management
del 28 al 30 de noviembre
con CIFMers LATAM**
Nota de prensa

30 | **Armando Negrotti: El Facility
Management comienza desde
la proyección de la edificación**
Entrevista

35 | **Lo nuevo de Asset Radio**

36 | **Gerardo Trujillo: La presidencia
del COPIMAN descansa en un grupo
de mentes con la esperanza
de dejar huella en el camino**
Entrevista

40 | **Gerardo Trujillo: The presidency
of COPIMAN does not reside in one
person but in a group of minds
with the hope of leaving
a legacy behind**
Interview

44 | **Estrategias metacognitivas para
el análisis de falla en la unidad curricular
optimización del mantenimiento
del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento
Mecánico de la UNERMB.**
Artículo Técnico

60 | **25° Congreso de mantenimiento
hospitalario "facility management
en salud, gestionar la innovación"**
Nota de prensa

61 | **Eventos**

62 | **Creada la sociedad venezolana
de facility management**
Nota de prensa

69 | **Rafael Argüelles: Facility
Management es calidad integral
en las edificaciones,
para las personas**
Entrevista

72 | **La Gestión de Activos
ISO 55001, 2014 y la Continuidad
del Negocio ISO 22301, 2012**
Nota de prensa

78 | **XIX Congreso internacional
de mantenimiento y gestión
de activos Bogotá 2017**
Nota de prensa

80 | **Optimización de inventarios
basado en confiabilidad**
Artículo Técnico

88 | **Criterio de probabilidad de falla
aceptable como premisa
para el reemplazo de segmentos
de tubería en gasoducto de 10" ø**
Artículo Técnico

98 | **Análisis de modo y efectos
de falla (amef) en compresores
reciprocantes**
Artículo Técnico

LO NO EVIDENTE

Bienvenidos a un nuevo número de **Predictiva21**. En el mundo de la ingeniería de mantenimiento y del asset management hay procesos y tareas que son evidentes: todo el mundo las nota, se planifican, se proyectan, se ansían. Pero ¿qué pasa con aquellos procesos y tareas que no son tan evidentes, por el simple hecho de que todo el mundo los da por sentado? Son el tipo de actividades/procesos/servicios que sólo son notorios cuando no están. Todos notan su ausencia, y nadie nota su presencia. Tal es el caso del Facility Management o gerencia de edificios, que agrupa todas aquellas disciplinas que no pueden faltar en la industria o en cualquier infraestructura: servicios eléctricos, calidad del agua, limpieza y paisajismo, almacenamiento y seguridad. En este nuevo número conversamos con varios representantes de una disciplina tan antigua como la Humanidad misma, pero que recién en el siglo pasado comenzó a tener nombre y apellido, un papel visible, un rol deseado, con su correspondiente normalización ISO. Como debe ser. Limpiar una oficina, reponer las bombillas quemadas y recortar el jardín es una versión minúscula de todo lo que engloba el facility manager. Haga el siguiente ejercicio: Imagine que reemplaza las bombillas de un estadio de fútbol, está a cargo de la calidad del aire y disposición de desechos de un hospital materno infantil; o le toca encargarse del paisajismo de un complejo hotelero de cinco estrellas (incluyendo el campo de golf), además de la seguridad de los huéspedes y del personal. Ya no suena tan sencillo ¿verdad? Y es que la vida se ha tornado compleja con el paso de los siglos. Las ciencias avanzan, los procesos se refinan, la sociedad pide mejores productos y servicios, la tecnología es cada vez más sofisticada y las infraestructuras son cada vez más grandes y complejas. De modo que encargarse del mantenimiento de una edificación es mucho más complejo de lo que puede saltar a la vista, sobre todo porque dicha edificación ha de observarse desde el punto de vista del asset management: cuando vale la pena mantenerlo, cuánto cuesta y cuando ya culminó su ciclo de vida útil. Cuando es mejor comprar un inmueble, en vez de rentarlo, en función de las actividades comerciales que se desarrollarán allí, y un largo etcétera. Todo esto y más, los detalles evidentes y los que no lo son tanto, en esta edición. Bienvenidos.

Enrique González
Director





CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
M É X I C O

XII

18 - 21 DE
SEPTIEMBRE 2017
MONTERREY, N.L.
HOTEL CROWNE PLAZA
& PABELLÓN M

EXPO, CURSOS Y CONFERENCIAS

DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, CONFIABILIDAD Y GESTIÓN DE ACTIVOS



ESTOS SON ALGUNAS DE LAS CONFERENCIAS QUE TENDREMOS DEL CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MÉXICO 2017

- ▶ TÉCNICAS DE AUDITORÍAS APLICADAS EN LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y DE LA CONFIABILIDAD
ING. CARLOS PARRA
- ▶ MOTION AMPLIFICATION, LA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA MÁS AVANZADA PARA VER EL MOVIMIENTO
ING. OSCAR JIMÉNEZ YENNY
- ▶ JUSTIFICANDO DECISIONES DE MANTENIMIENTO USANDO SOFTWARE DE RCM: CASO DE ÉXITO DE LA COMPAÑÍA DEACERO
ING. ALLEN GARCÍA
- ▶ EL RISK MANAGEMENT: ELEMENTO ESENCIAL DE ÉXITO EN UNA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASERTIVA
ING. ADRIÁN CHAVES
- ▶ ANÁLISIS DE FALLA EN RODAMIENTOS COMO HERRAMIENTA PARA IMPLEMENTAR TAREAS PROACTIVAS DE MANTENIMIENTO – 3 CASOS DE ÉXITO
ING. ALEJANDRO PÉREZ
- ▶ 6 CASOS REALES DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE ACTIVOS Y SUS RESULTADOS
ING. LUCIO CALEFFI, PMP
- ▶ ESTRATEGIA, TÁCTICA Y PRÁCTICA – IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS EN GESTIÓN DE ACTIVOS E INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD
ING. LUIS ALBERTO TILLERÍA
- ▶ MODELOS DE GESTIÓN DE ACTIVOS Y AUTOMATIZACIÓN : RESULTADOS EN 10 AÑOS DE APLICACIÓN.
ING. CÉSAR VEGA
- ▶ METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE ACTIVOS “PAM BASEZERO”
ING. NELSON MALAVE
- ▶ LA CAPACITACIÓN, CLAVE PARA LOGRAR LA CONFIABILIDAD
ING. PER ARNOLD ELGQVIST
- ▶ A SUCCESSFUL, SUSTAINABLE, AND PROFITABLE MECHANICAL PDM PROGRAM USING INFRARED THERMOGRAPHY
WAYNE RUDDOCK
- ▶ CASO DE ÉXITO: PRONACA – EVOLUCIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
ING. JULIO RICARDO ANDRADE CHIRIBOGA
- ▶ INSPECCIONES 2.0
JIM FITCH
- ▶ DE QUÉ DEPENDE EL ÉXITO Y FRACASO DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS – CASOS DE ÉXITO DE EMPRESAS CERTIFICADAS EN ISO 55001
DR. LUIS AMÉNDOLA PH.D
- ▶ WORKSHOP RCM-R
ING. JAMES REYES-PICKNELL
- ▶ CONSTRUYENDO UN CASO DE NEGOCIO CONVINCENTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO
ING. SANTIAGO SOTUYO
- ▶ ALINEAR ESTRATEGIAS DE GESTIÓN PARA SATISFACER LA NORMA ISO 55001
ING. HENRY ELLMANN
- ▶ MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN-NUBE
ING. DAVID BUKOWITZ
- ▶ MAXIMIZANDO LOS BENEFICIOS DEL PROGRAMA DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES
ING. RICARDO SANTAMARÍA
- ▶ BRECHA DE HABILIDADES/CONOCIMIENTO – SKILLS GAP
ING. JEREMY WRIGHT
- ▶ CASO DE ÉXITO: UN MILLÓN DE DÓLARES DE AHORRO EN 6 MESES APLICANDO RCM2
ING. CARLOS MARIO PÉREZ
- ▶ LA CONFIABILIDAD Y LOS OBJETIVOS FINANCIEROS DE SU ORGANIZACIÓN
ING. JESÚS R. SIFONTE
- ▶ CONFIABILIDAD DE TRANSFORMADORES A TRAVES DEL ANALISIS DE ACEITE – CASOS REALES
ING. ESTEBAN LANTOS
- ▶ MEJORANDO EL CICLO DE VIDA DE LOS ACTIVOS UTILIZANDO TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN COSTO RIESGO
ING. JUAN CARLOS DUARTE HOLGUÍN

Y 15 CONFERENCIAS MÁS...



ANÁLISIS DE LUBRICANTES Y SUS COMPETENCIAS TÉCNICAS

Los mejores tiempos del mantenimiento preventivo han pasado. Esa estrategia que considera la intervención de la máquina con base en horas de operación y periodos de tiempo fijos, ha comenzado a ser abandonada paulatinamente por las organizaciones que tienen en mente lograr una alta confiabilidad y disponibilidad de sus máquinas y procesos. Mucho hemos aprendido de los beneficios del mantenimiento preventivo cuando se le compara con el mantenimiento correctivo no planeado, pero también hemos descubierto que no es la solución perfecta. Muchas máquinas son intervenidas sin necesidad (ocasionando un gasto excesivo, tiempos de paro innecesarios y tiempo invertido sin retronó) y en ocasiones esta intervención ocasiona fallas en donde las cosas estaban funcionando bien (defectos inducidos durante la intervención). También es cierto, que muchas máquinas fallan incluso antes de que el tiempo de hacer la intervención llegue.

Las empresas que buscan alta confiabilidad y disponibilidad de sus máquinas y procesos están convirtiendo sus programas basados en una estrategia de mantenimiento preventivo en programas con un enfoque proactivo buscando eliminar (no sobrellevar) los modos de falla de manera sistemática y monitorean las causas de

falla y sus síntomas mediante el uso de tecnología avanzada. El mantenimiento basado en condición (MBC) incluye tanto el enfoque proactivo de identificación de causa de falla, como el predictivo de búsqueda de síntomas o efectos de la falla.

DISEÑANDO UNA ESTRATEGIA EFECTIVA DE MBC

Implementar el MBC para incrementar la confiabilidad y la disponibilidad de la planta es una tarea que requiere de conocimiento y una visión especializada. Para hacerlo de manera efectiva y obtener los mejores beneficios, debe utilizarse la norma ISO 17359 "Monitorización de condición y diagnóstico de máquinas - Guías generales".

Aplicar la norma ISO 17359 garantiza que las máquinas críticas sean consideradas en la estrategia al estar basada en el análisis de criticidad de los equipos y al mismo tiempo utilizar la herramienta del Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMEF) de estas máquinas para identificar aquellas fallas que mayor efecto tienen en la producción, la calidad y el ambiente para identificar entonces las técnicas de Monitorización de condición que pueden localizar la causa de la falla o los efectos y síntomas de la misma de manera más eficiente y efectiva.

Esta tarea requiere de conocimientos específicos de la norma ISO 17359, de las herramientas para determinar criticidad, diagrama de bloques de confiabilidad, AMEF y conocer con profundidad las fortalezas y debilidades de cada una de las tecnologías, para identificar aquella que puede detectar la causa del problema (con un enfoque proactivo) de la manera más temprana, o su efecto y síntoma (con un enfoque predictivo). Adicionalmente se debe identificar la técnica que ayude a comprobar el problema o a proporcionar mayor información, de tal manera que las técnicas se complementen, se optimice el programa y no se dupliquen esfuerzos (desperdicios).

Una vez seleccionada la técnica de Monitorización, se debe identificar el lugar ideal de toma de muestra, de tal manera que la información recabada sea confiable y repetible. La frecuencia de muestreo deberá ser seleccionada con base en el tiempo en que la falla se desarrolla y la deja en condición de falla funcional. El diseño de la estrategia (o la revisión de la misma) debe ser efectuado por un profesional certificado en confiabilidad y mantenimiento, para asegurar que cuenta con las competencias técnicas requeridas para esta tarea. Es recomendable que la industria tenga entre su personal alguien con este nivel de conocimiento y certificación. Si no se cuenta

con este especialista certificado, se deberá contratar el servicio con alguna empresa externa.

MENÚ DE TÉCNICAS DE MONITORIZACIÓN

Varias técnicas del MBC están disponibles para identificar las causas de falla y sus efectos. Cada una de ellas tiene sus fortalezas y debilidades, dependiendo del contexto operacional y del tipo de máquina. Entre ellas podemos identificar:

- Análisis del lubricante
- Análisis de las vibraciones mecánicas
- Análisis de imagen térmica
- Análisis de sonido y ultrasonido
- Análisis de corriente en motores eléctricos
- Pruebas no destructivas

MONITORIZACIÓN DE CONDICIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LUBRICANTE

En este documento, nos concentraremos en la técnica del análisis del lubricante. Identificaremos los elementos que son necesarios en el diseño y ejecución de la estrategia completa, así como las competencias profesionales requeridas para que la estrategia pueda ser exitosa. El diseño de la estrategia de Monitorización de condición a través del análisis de lubricante se muestra en la Ilustración 1 y se detalla a continuación.

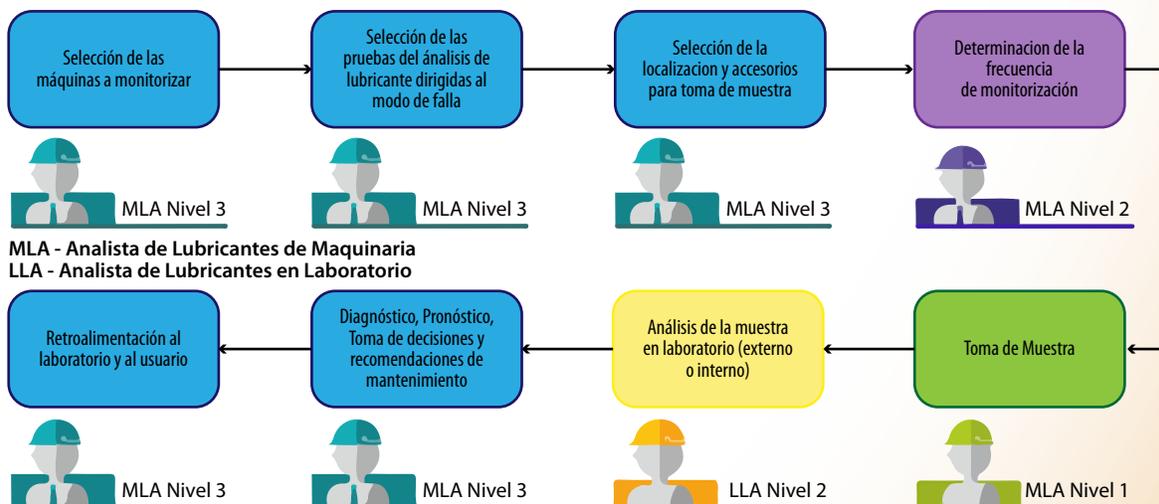


Ilustración 1 Competencias y certificaciones para el análisis de lubricante

SELECCIÓN DE LAS PRUEBAS DIRIGIDAS AL MODO DE FALLA

Una vez que se han identificado las máquinas que deben incluirse en el programa de Monitorización de condición y se ha efectuado el AMEF de sus modos de falla, el especialista en análisis de lubricante debe identificar las pruebas de laboratorio o instrumentos de campo que pueden localizar las causas, síntomas y efectos y diseñar la estrategia óptima. El especialista debe estar certificado como Analista de Lubricantes de Maquinaria Nivel III (MLA 3) y de preferencia alguna certificación en Confiabilidad y Mantenimiento. Esto garantiza que sus competencias y conocimientos de cada una de las pruebas del análisis de lubricante puedan ser aplicadas a localizar el problema con la mayor anticipación posible, a la vez que se complementa con otras técnicas disponibles.

SELECCIÓN E INSTALACIÓN DEL PUERTO DE TOMA DE MUESTRA

Seleccionar la localización del punto de toma de muestra determina la calidad de todo el programa y debe ser efectuada por un especialista certificado como Analista de Lubricantes de Maquinaria Nivel III (MLA 3) de acuerdo con la norma ISO 18436-4. No cualquier lugar en la máquina es adecuado para la toma de muestra y por lo general este es el origen de resultados de laboratorio que dan información errónea (falsos positivos o falsos negativos) y que impiden la toma de decisiones acertada. La selección de la localización del puerto de toma de muestra debe ir acompañada con la selección de los dispositivos y accesorios para la toma de muestra y la documentación de los procedimientos para que la muestra sea tomada de manera consistente por los técnicos.

DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO

Determinar la frecuencia de muestreo es parte del proceso que rige la norma ISO 17359 y deberá ser calculado en función del periodo en

que se detecta la falla potencial y se llega a la falla funcional (también conocido como periodo P-F[1]). La frecuencia de muestreo estará correlacionada con las pruebas seleccionadas y las condiciones de operación y la disponibilidad de la máquina y debe ser efectuada por un especialista certificado como Analista de Lubricantes de Maquinaria Nivel II (MLA 2) de acuerdo con ISO 18436-4.

TOMA DE MUESTRA

La toma de muestra es una tarea rutinaria del MBC y debe ser efectuada por un técnico entrenado en el procedimiento documentado que ha sido desarrollado en los pasos previos. El muestreo debe ser ejecutado de tal manera que la calidad de la muestra no se vea afectada y se apliquen los principios de seguridad, ergonomía y las mejores prácticas. Esta tarea debe ser efectuada por un especialista certificado como Analista de Lubricantes de Maquinaria Nivel I (MLA 1) de acuerdo con ISO 18436-4.

ANÁLISIS DE LA MUESTRA

El análisis de la muestra de lubricante en laboratorio debe ser efectuado para preservar la calidad de la muestra y extraer adecuadamente la información en ella contenida. La preparación de la muestra y el uso de los instrumentos de análisis conforme a los estándares ASTM/ISO correspondientes permitirá que la información de los instrumentos sea confiable. Esta tarea debe ser efectuada por un especialista certificado como Analista de Lubricantes en Laboratorio Nivel II (LLA 2) de acuerdo con ISO 18436-5.

ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Los resultados del laboratorio del análisis de lubricante deben ser gestionados de tal manera que la información pueda ser almacenada de manera organizada y convertida en una tendencia y graficada. Se deben establecer los límites para cada prueba del análisis de aceite y

la manera en que estas alertas deberán ser mostradas al especialista en el diagnóstico. Esta tarea debe ser efectuada por un especialista certificado como mínimo como Analista de Lubricantes de Maquinaria Nivel III (MLA 3) de acuerdo con ISO 18436-4.

DIAGNÓSTICO, PRONÓSTICO Y TOMA DE DECISIONES

Hemos llegado al momento en que podemos obtener el retorno de la inversión. El análisis de la información por un especialista que pueda efectuar el diagnóstico de la condición del lubricante y de la máquina para que al analizar la tendencia y el modo de falla presente se puedan recomendar las acciones de mantenimiento dirigidas a la causa de falla para regresar al lubricante y a la máquina a una condición normal. Esta tarea debe ser efectuada por un especialista certificado como Analista de Lubricantes de Maquinaria Nivel III (MLA 3) de acuerdo con ISO 18436-4.

RETROALIMENTACIÓN

Las acciones efectuadas en las máquinas posteriormente al diagnóstico y recomendaciones deben ser registradas para efecto de verificar su efectividad y seguimiento por los analistas. Esta información debe ser comunicada también al laboratorio y a las áreas correspondientes, de tal manera que se decida si es que la causa ha sido removida o se requiere de la intervención de otras pruebas o tecnologías. Esta tarea debe ser efectuada por un especialista certificado como Analista de Lubricantes de Maquinaria Nivel III (MLA 3) de acuerdo con ISO 18436-4.

BENEFICIOS

Una estrategia de MBC que ha sido diseñada bajo los principios de la norma ISO 17359 permite alinear la tecnología específicamente a aquellos modos de falla críticos y seleccionar las pruebas que mejor detectan las causas de falla en el momento preciso (antes de que sean irremediables). Es el equivalente a tener una

mira de alta precisión en las condiciones que mayor impacto tienen a la maquinaria, el proceso y la calidad. El factor humano y las competencias técnicas certificadas bajo ISO 18436 aseguran que las actividades son efectuadas por personas que cuentan con las competencias y los conocimientos para tomar las decisiones correctas que mejoran la condición de la planta.

CONCLUSIONES

La estrategia ejemplificada en este artículo para el análisis de aceite puede ser replicada fácilmente para otras tecnologías. Si su estrategia de MBC no ha sido diseñada bajo este protocolo, busque ayuda de los profesionales y asegúrese que cuentan con las certificaciones y competencias requeridas en cada uno de los pasos para garantizar el éxito y la optimización de su estrategia. El beneficio es una planta confiable, disponible, bajo el concepto de la optimización de los recursos.

REFERENCIAS

[1] Ref: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II (RCM II) de John Moubray

AUTOR:

GERARDO TRUJILLO C.

gtrujillo@noria.mx

Noria Latín América.



CONGRESO DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD MÉXICO 2017

El aporte de la función mantenimiento dentro de los objetivos de la empresa será el elemento central de debate durante cuatro días en Monterrey este mes de Septiembre del 2017. Más de 350 profesionales de 18 países nos hemos reunido en el 12º Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad - México para identificar las tendencias mundiales y las buenas prácticas aplicadas en la industria internacional que permiten la optimización de la conservación de los equipos.

Este año, el evento tendremos excelentes conferencistas entre ellos John Woodhouse, el "padre" de la PAS55 y impulsador de la ISO 55000 que establece los lineamientos y buenas prácticas en la gestión de activos, quien por primera vez vendrá a Latinoamérica a un evento de esta magnitud. De igual manera por primera vez durante el congreso se llevará a cabo la primera certificación en Latinoamérica por el IAM en Gestión de activos.

Además de expertos de todo el mundo en temas de confiabilidad, mantenimiento, gestión de activos. Entre ellos Jim Fitch –

líder en temas de lubricación, Henry Ellman, Carlos Mario Perez, Esteban Lantos, Per Arnold Elqvist, Luis Amendola, James Reyes Picknell, Drew Troyer, Gerardo Trujillo, Wayne Ruddock, Carlos Parra y otros 30 conferencistas más.

Un foro como el del Congreso permite que durante los 12 cursos disponibles, en las conferencias y en el piso de exhibición se lleve a cabo el análisis del mantenimiento y sus aportes de una manera holística. Se tocan temas como el aporte humano a la confiabilidad, la importancia de la educación y la certificación de las habilidades técnicas y también la importancia de la educación de las nuevas generaciones desde las Universidades. Se presentan opciones formales de maestrías e incluso doctorados en mantenimiento, confiabilidad y gestión de activos.

Cursos que estarán disponibles:

- Mejores Prácticas De Confiabilidad Y Mantenimiento (Preparación Para Cmrp)
- Líder De Confiabilidad Basada En Lubricación
- Implementación De Iso 55001 –

Gestión De Activos

- Técnicas De Análisis De Costos De Ciclo De Vida, Confiabilidad Y Riesgo
- Uptime – Estrategias Para La Excelencia En Gestión De Mantenimiento
- Introducción A Rcm2 Mantenimiento Centrado En Confiabilidad.
- Mantenimiento Proactivo – Reducción De Flab (Fijación Mecánica, Lubricación, Alineación Y Balanceo)
- Rcm-r® – Reeingeniería Del Mantenimiento Centrado En Confiabilidad
- Mantenimiento Proactivo Y Análisis De Aceite Para Transformadores Eléctricos
- Preparación Para Examen Iam Certificate® En Gestión De Activos
- Certified Reliability Leader (Crl)
- Gestión De La Disponibilidad De Planta

El Congreso es también una oportunidad para la preparación formal y la certificación de habilidades técnicas. Cursos de uno y dos días son acompañados por organizaciones internacionales que ofrecen posibilidad de certificaciones en varias áreas.

- ***Certificate por el IAM® - En gestión de activos ¡Por primera vez en Latinoamérica!***
- ***CMRP – por la SMRP – En confiabilidad y mantenimiento***
- ***CRL® - Líder certificado en confiabilidad por la AMP (asociación de profesionales en gestión de activos)***

Las 40 conferencias disponibles hablarán sobre diversos temas que van desde la confiabilidad humana, el manejo de riesgos, inspecciones, casos de implementación,

casos de éxito y nuevas técnicas y elementos para mejorar día con día.

El piso de exhibición ayuda a acercar instrumentos, servicios, productos, métodos y software siempre buscando aumentar la confiabilidad. Este sitio es además el mejor lugar de interacción y el génesis de nuestra comunidad. Las relaciones profesionales se tornan personales, se intercambian las experiencias y se crean los vínculos entre quienes tenemos objetivos comunes. Las alianzas se fortalecen, se vislumbran y concretan negocios, se localizan nuevas formas de resolver problemas, se facilita el aprendizaje y nuevas oportunidades de empleo.

38 proveedores internacionales de las mejores soluciones en mantenimiento, gestión de activos y confiabilidad todos en un solo lugar.

Para más información puedes visitar la página web: www.cmcm.com.mx o escribir al correo:

contacto@cmcm.com.mx

o al teléfono en México

+5247771123 23

PREDICTIVA21
BUSCANOS EN TWITTER



@Predictiva21

Síguenos!



ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE UN ACTIVO FÍSICO

Caso de estudio basado en Métodos y Normas Vigentes

INTRODUCCIÓN

La necesidad de llevar a cabo un análisis de reemplazo surge a partir de una o varias de las siguientes razones:

1. Desempeño disminuido. Cuando debido al deterioro físico, el desempeño esperado a un nivel de productividad (funcionar a un nivel dado de calidad, cantidad y eficiencia) se ve disminuido, trayendo esto consecuencias al negocio. Esto se manifiesta por una disminución de la producción y/o por un aumento de los costos de producción.

2. Requisitos alterados. El equipo existente no puede cumplir con los nuevos requisitos legales o regulatorios bien sea a nivel de empresa, leyes locales o requisitos de los clientes. En este caso el cambio es prácticamente mandatorio y el estudio se reduce a la evaluación de la mejor opción de reemplazo.

3. Gastos de capital: En este caso mantener el equipo en operación requiere de inversiones grandes y surge la necesidad de evaluar la factibilidad de reemplazo del equipo.

4. Restricciones. En este caso el estudio surge debido a que el equipo no puede cumplir con los planes de producción y es un “cuello de botella” presente o futuro.

5. Imagen o intangibles. En este caso la inversión se justifica por la imagen deteriorada o por otros intangibles que han de justificarse financieramente. ^{[3][14]}

FUNDAMENTOS DE ANÁLISIS DE REEMPLAZO

Vida Remanente.

Es el tiempo óptimo a partir del presente donde debe hacerse el reemplazo del equipo actual por un equipo nuevo.

Al hacer el cálculo de la vida remanente podemos tener los siguientes resultados:

1. La vida remanente ya expiró, el reemplazo debe hacerse de manera inmediata.
2. El reemplazo óptimo está en N años a partir de hoy, siendo N la vida remanente.

La determinación del horizonte de evaluación de activos con distinta vida óptima es una tarea importante para calcular la conveniencia de la sustitución. En muchos casos, las vidas óptimas de los activos que se comparan son distintas.

Se requieren evaluar económicamente las opciones de No Reemplazar el equipo versus la opción de Reemplazo Optimo y seleccionar la mejor de ambas.

Cuando difícilmente se puede suponer que la tecnología antigua será reemplazada por otra de similares características al final de su vida remanente, existiendo ya una opción mejorada, la decisión comúnmente se toma entre cambiar hoy la tecnología o hacerlo al final de su vida optima. Por otra parte, se debe tener en consideración que si bien el proyecto de hacer el reemplazo pudiera recuperar una parte del valor del activo reemplazado, este valor se debe considerar al calcular el costo del reemplazo. [2][3]

El método consiste en calcular las consecuencias de no reemplazar y los costos de reemplazar a lo largo de un horizonte de comparación, este horizonte pudiera ser definido o indefinido. Indefinido cuando no se visualiza un cese de la necesidad del equipo en cuestión, definido cuando se sabe por cuánto tiempo se usará el equipo y la inversión ha de recuperarse en ese intervalo de tiempo definido.

Si bien se supone que el equipo NUEVO es mejor que el equipo instalado este podrá ser similar al equipo instalado (cuando era nuevo) o por uno SUPERIOR (Upgrade), ambas situaciones se deben evaluar en términos técnico financieros incluyendo como lo sugiere ISO 55000/PAS 55 en los requisitos de Gestión de Riesgo y Gestión de Cambio. [2][5][1]

También es requisito de ISO 55000/PAS 55 que para establecer el Plan de Integridad Operacional de los activos físicos y lograr la continuidad operativa, preservar sus funciones, cumplimiento de los compromisos establecidos en producción, seguridad, ambiente y garantizar el desarrollo sustentable es necesario determinar el ciclo de vida óptima del activo.

Se deben incorporar las prácticas de

confiabilidad durante todo el ciclo de vida, aún cuando esto añada tiempo y costos al desarrollo, llegando a un nivel de inversión considerando la optima relación de Costos-Riesgos-Beneficios al comparar los Costos de Capital vs los Costos de Operación, evitando ir a los extremos que se muestran en la siguiente gráfica. La proyección de costos de Ciclo de Vida de un producto, sistema o estructura, están altamente impactados por las decisiones tomadas en las primeras etapas de Diseño.

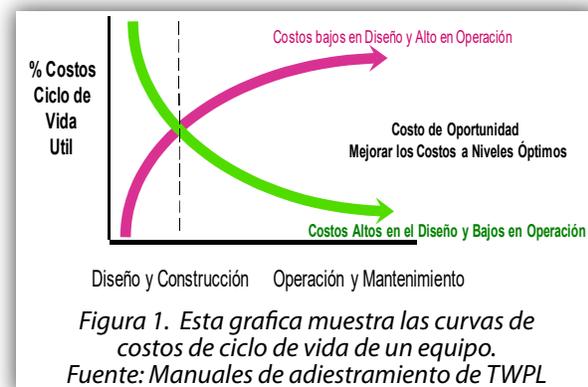
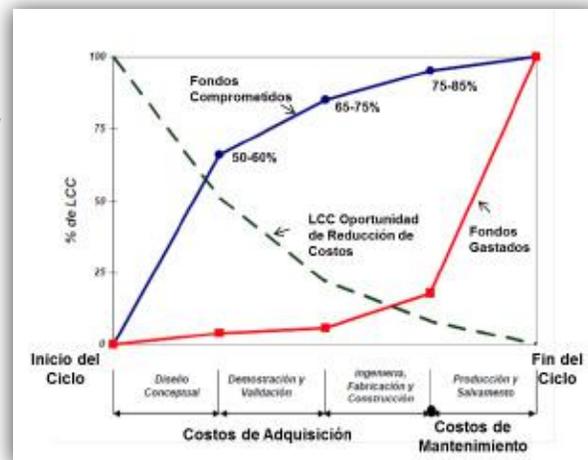


Figura 1. Esta grafica muestra las curvas de costos de ciclo de vida de un equipo. Fuente: Manuales de adiestramiento de TWPL

Análisis de Costos de Ciclo de Vida.

El Análisis de Costo de Ciclo de Vida, asegura la combinación óptima de los costos de capital, costos operativos, así como de los riesgos al establecer un sistema para identificar, evaluar, corregir y documentar, de las distintas alternativas en el tiempo esperado de vida.

Costos de Capital, (CAPEX se refiere a los costos de diseño, construcción e instalación) y Costos

de Operación (OPEX se refiere a los costos incurridos para operar y comprende los costos de energía y mantenimiento del activo) y los costos asociados a paradas de planta asociados al equipo en cuestión.

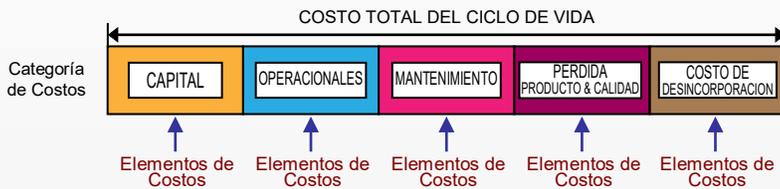


Figura 2. En esta figura se muestran los costos del ciclo de vida en bloques.

Fuente: The Woodhouse Partnership Ltd

Los problemas de baja confiabilidad en equipos originan costos de operación crecientes, de capital para reemplazarlos, la no obtención de ingresos adicionales o potenciales, los cambios en requerimientos de producción o la imagen. [9][10]

El proceso del Análisis de Costos del Ciclo de Vida se debe desarrollar mediante las siguientes etapas:

1. Conocimiento del Costo de Capital
2. Conocimiento de los Costos Operativos.
3. Cálculo de los costos totales de vida los posibles intervalos de reemplazo.
4. Seleccionar el punto óptimo de reemplazo.

Los costos de capital anualizados versus el intervalo de reemplazo a lo largo de los años se comporta de la siguiente forma:

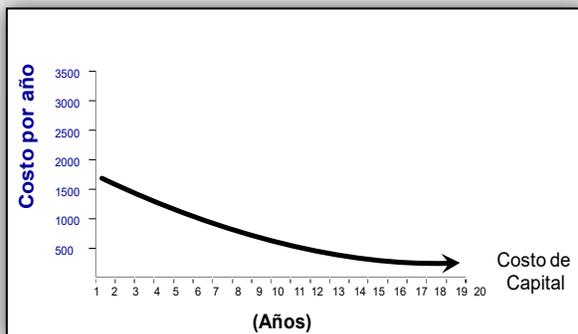


Figura 3. En la grafica se observa la curva de costo de capital de un equipo.

Fuente: The Woodhouse Partnership Ltd.

Los costos realmente influyentes son los siguientes;

- Costo del Proyecto
- Costo de la Tecnología
- Costo de la Ingeniería
- Costos de Suministros
- Costos de Construcción
- Costos de puesta en marcha
- Costos de Entrenamiento
- Costos de los Manuales
- Costos de los Repuestos
- Costos de las Herramientas
- Costos de los servicios.

Los costos operativos a lo largo de los años se pueden comportar de la siguiente forma, esta curva seria el acumulado año con año con flujo descontado.[7]

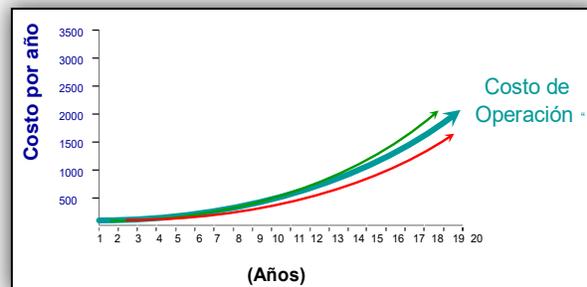


Figura 4. La curva de costo de operación y mantenimiento en los escenarios optimista, más probable, y pesimista de un equipo presenta en el tiempo un comportamiento similar al mostrado en la grafica.

Fuente: The Woodhouse Partnership Ltd.

Se debe obtener la información del deterioro en el tiempo y costos de operación de los equipos en los sistemas informáticos de la operación diaria o de los planeados por el fabricante para equipos nuevos, de tal manera que se debe garantizar la calidad y confiabilidad de estos; los valores anteriores deben enriquecerse con el conocimiento y experiencia operativa del proceso productivo.

- Costo Hora Hombre
- Costo de Energía
- Costo de Uso de Agua
- Costos de Mantenimiento
- Costos de Materiales
- Costos del Inventario

- Costos de Almacenamiento
- Costos de Talleres
- Costos de Contratistas
- Costos de Oportunidades
- Costos de Seguros

Los ingresos Brutos, se obtienen de los resultados financieros de los sistemas informáticos. Al comparar los costos de capital y los costos operativos contra los ingresos nos indican el comportamiento de la cantidad de costos que ingresan y egresan en un estado de resultados como se muestra a continuación. [8]

Para evaluar las alternativas de los equipos considerando la confiabilidad, la seguridad, el desempeño, la energía se hace en función de costos.

Los métodos de evaluación son usados de principio a fin y deben estar establecidos desde el arranque del proyecto.

Combinación de los CAPEX y los OPEX

Cuando se trata de un proyecto su visualización de ambos costos se refleja;

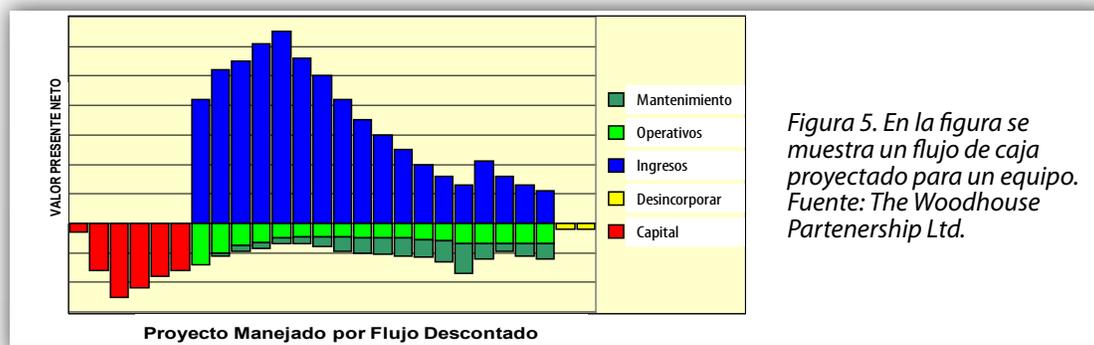


Figura 5. En la figura se muestra un flujo de caja proyectado para un equipo. Fuente: The Woodhouse Partnership Ltd.

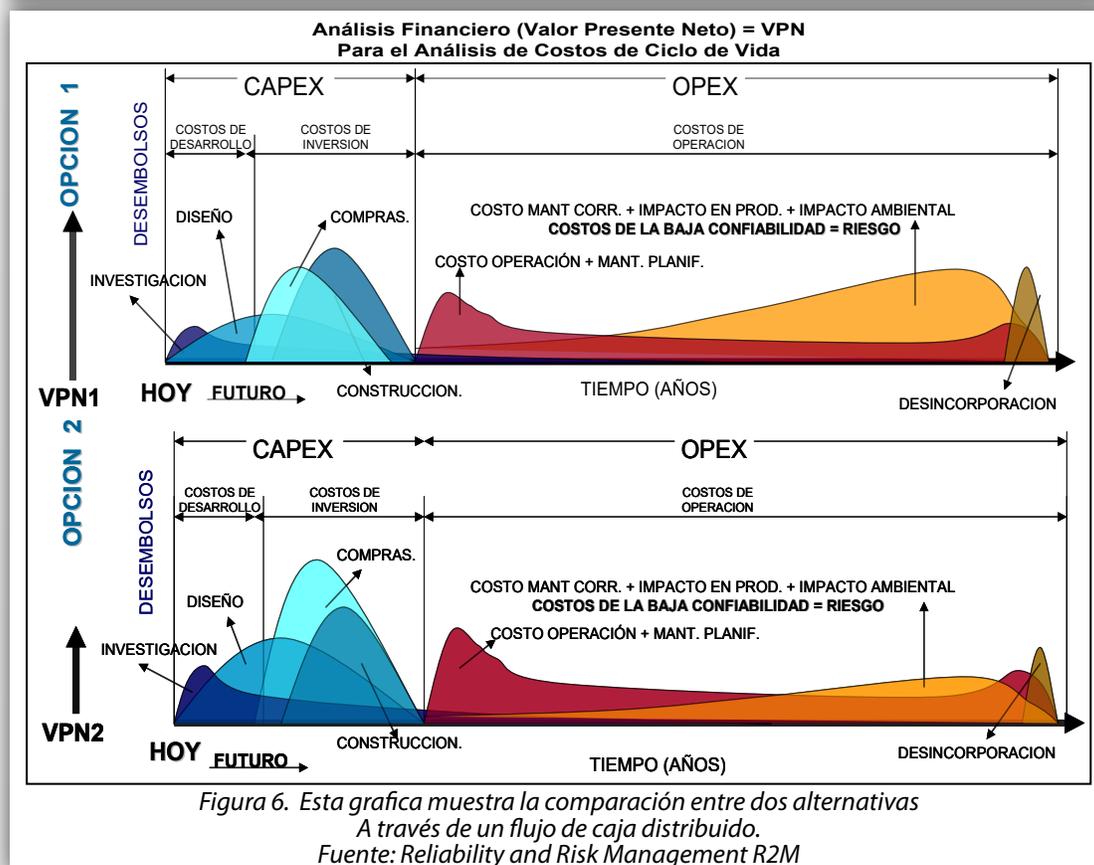


Figura 6. Esta grafica muestra la comparación entre dos alternativas A través de un flujo de caja distribuido. Fuente: Reliability and Risk Management R2M

Para determinar el punto óptimo se desarrolla la curva de Costos de Capital y la curva de Costos de Operación, con tres escenarios; Optimista, Medio y Pesimista, esto representa la diferencia entre escenarios que nos permite simular la incertidumbre, identificar las alternativas asociadas para jerarquizarlas según su beneficio.[4] . Se obtienen tres curvas de impacto total Pesimista, Medio, Optimista y se selecciona la que sea económicamente rentable.

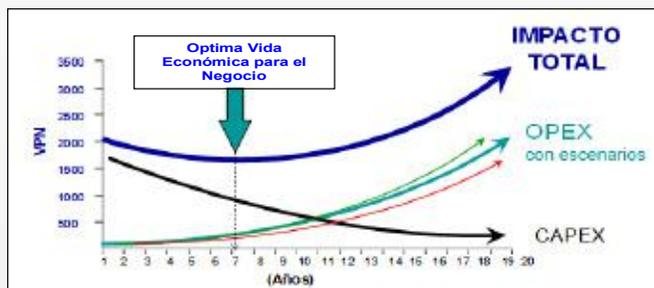


Figura 7. La suma de la curva CAPEX con la curva OPEX se obtiene la curva Del impacto total al negocio o curva de vida económica.

Fuente: The Woodhouse Partenership Ltd.

Si la acción propuesta se ejecuta a una frecuencia que corresponde a:

- 1.- EN EL PUNTO ÓPTIMO VIDA ECONOMICA → MAXIMO BENEFICIO PARA EL NEGOCIO
- 2.- DERECHA DEL PUNTO ÓPTIMO → SE ESTA INCREMENTANDO EL RIESGO Y/O COSTOS OPERATIVOS
- 3.- IZQUIERDA DEL PUNTO ÓPTIMO → NO SE APROVECHA TOTALMENTE LA VIDA DE LOS EQUIPOS.

Conocimiento del esquema de cálculo del CCV para seleccionar el punto óptimo de vida económica.

Desde el diseño se establece una esperanza de vida útil asociado representado por el costo total de ciclo de vida medido mediante el VPN (Valor Presente Neto) de una opción de inversión tomando en cuenta todos los costos de capital, los costos de operación, los costos de reemplazo, los costos de disposición e ingresos. La siguiente grafica muestra las etapas a lo largo del periodo seleccionado y las tasas de descuento que se consideran.

Etapa 1/5	Etapa 2/5	Etapa 3/5
Identificar las opciones de inversiones potenciales	Identificar los costos e ingresos asociados a cada opción a largo plazo	Evaluar los flujos de caja vs tiempo.
Etapa 4/5	Etapa 5/5	
Descontar los flujos de caja futuros para obtener el VPN de cada opción	Seleccionar la mejor opción basado en el costo total del ciclo de vida	

Tabla 1. En esta tabla se muestran las etapas para seleccionar el óptimo proyecto basado en costos de ciclo de vida. Fuente: TWPL

El costo total de ciclo de vida debe permitir comparar todas aquellas inversiones de “arreglarlo cuando falla o cuando envejece” a través de la operación, del mantenimiento y tomar la óptima decisión técnica y económicamente viable para restaurarlo o reemplazarlo. [4]

En términos cuantitativos, la confiabilidad se relaciona con el éxito o la falla del rendimiento de la instalación, la confiabilidad operacional integra un conjunto de buenas prácticas que parten desde la adquisición, la construcción e instalación, el arranque, la operación, el mantenimiento hasta desincorporarlo, la confiabilidad de diseño principalmente ayuda a evitar fallas mediante acciones evitando hacer actividades innecesarios que se deben ejecutar cuando se opera y se mantiene. [13] [14]

Las prácticas de confiabilidad operacional y en especial la confiabilidad de diseño se enfocan en términos financieros en el costo de la propiedad a largo plazo para evitar gastos innecesarios y optimizar (mejorar) la disponibilidad de la instalación a lo largo del ciclo de vida.

Para lograr un nivel de confiabilidad operacional a un nivel aceptable, es necesario

reforzar las actuales disciplinas aplicadas en la ingeniería de diseño a través de un programa integrado de confiabilidad de diseño para lograr obtener un producto satisfactoriamente confiable que combina el nivel requerido de confiabilidad intrínseca en su ingeniería de diseño, con la mejor combinación entre riesgos, costos y desempeño.

Para realizar el análisis completo se deben conocer nuestros costos agrupados en CAPEX (Costos de Capital) y OPEX (Costos de Operación). Estos se obtienen del Análisis de los Costos de Ciclo de Vida: en el valor presente de los gastos anticipados durante la vida del sistema, ejemplo; gastos de repuestos, refacciones, operación y mantenimiento: [11] [12]

El costo del Ciclo de Vida, se calcula como $CCV = \sum CI + CO + CMP + CTPC + CMM - VR$

- CCV- Costo del Ciclo de Vida
- CI – Costo de la inversión inicial
- CO - Costo operacionales
- CMP – Costo de Mantenimiento Planificado
- CTPC – Costo por baja confiabilidad (Correctivo + penalización)
- CMM – Costo por mantenimiento mayor
- VR – Valor de salvamento o de reventa.

Una vez ya clasificados los costos se trabaja a través de los métodos principales para el uso del

flujo de dinero descontado que son:

- Valor Presente Neto (VPN) “Valido solo para comparar proyectos de igual vida”.
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Costo Anual Equivalente (CAE) “Opción para ciclos de vida diferentes, y opciones de costos sin ingresos”. Es la mejor opción de evaluación financiera.

En general, para esta guía usaremos el VPN, que consiste en traer todos los flujos de caja del futuro, al presente, y existen dos factores en la fórmula:

$$VPN = \left[\sum_{n=1}^{n=N} \frac{(O+M)_n}{(1+r)^n} + Inversión\ Inicial \right] - Valor\ de\ Salvamento$$

$$CAE = VPN * \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

MODELOS DE REEMPLAZO OPTIMO

Cuando surge la necesidad de realizar un estudio de reemplazo de un activo físico instalado en la planta, es importante conocer si será por un equipo igual o por uno diferente, ambos caminos exigen desarrollos matemáticos diferentes, en la siguiente figura se muestra de manera resumida la estructura para optimizar las decisiones de reemplazo de equipos.

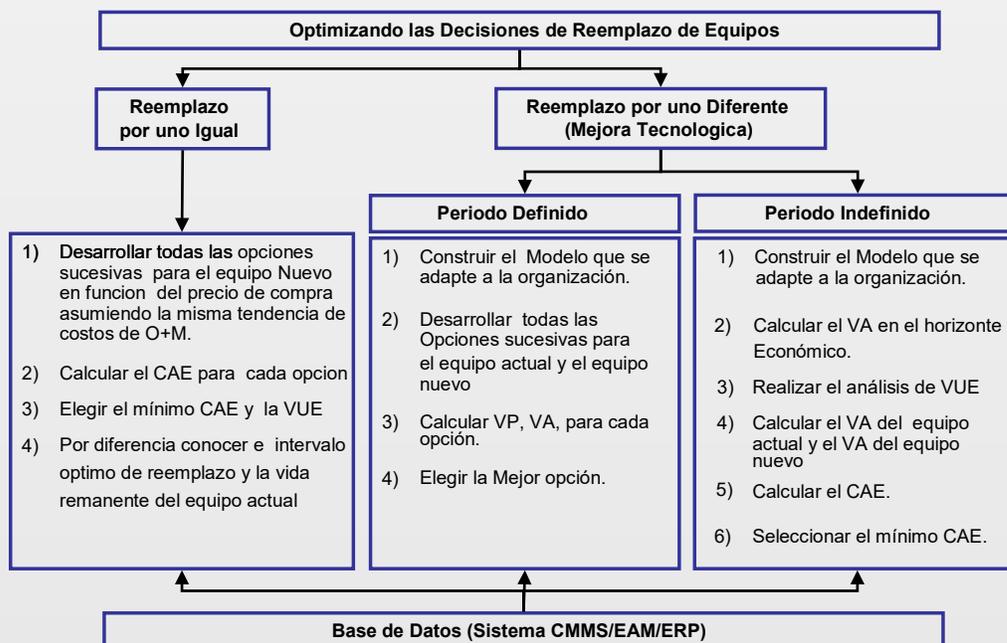


Figura 8. En esta figura se muestra la estructura correspondiente para optimizar la decisión de reemplazo de los equipos. Fuente: Edgar Fuenmayor

REEMPLAZO POR UNO IGUAL

El reemplazo de un activo físico instalado en la planta por uno igual (Especificaciones Técnica Idénticas) no requiere de mayor complicación, solo se debe conocer la vida útil de una alternativa económicamente rentable y por diferencia de edad conocer la vida remanente del equipo actual. Por ejemplo si la vida útil económica es 15 años y el equipo instalado tiene 10 años en operación su vida remanente es 5 años.

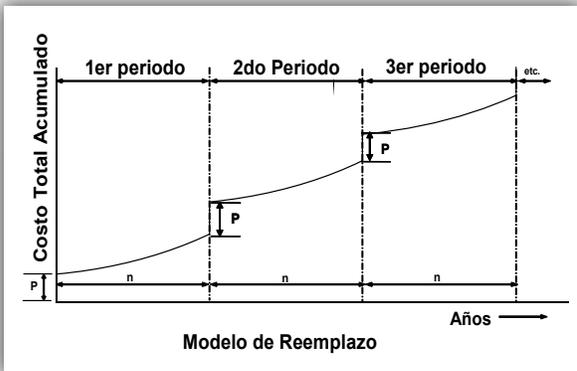


Figura 9. En esta figura se muestra un flujo de caja en un horizonte económico para el análisis de reemplazo de un equipo por uno igual. Fuente: TWPL

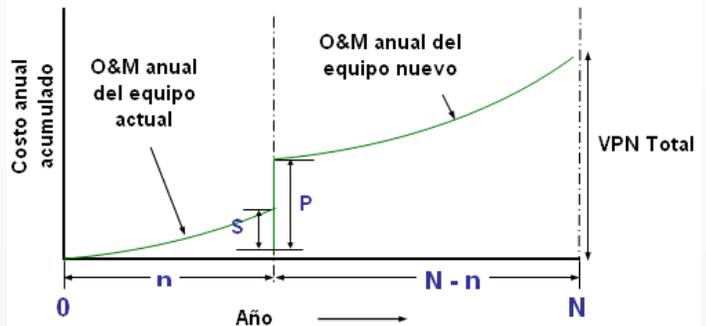
Donde: P= Inversión Inicial y n= Periodos

En la grafica se muestra que luego de alcanzar el horizonte económico "n" se reemplaza el equipo por otro igual hasta que cese la función del activo en la planta.

REEMPLAZO POR UNO DIFERENTE

Periodo Definido

Cuando se conoce el tiempo para el cual un activo físico terminara la función para la cual fue adquirido, el horizonte de planeación esta definido y por tal razón las matemáticas aplicadas para determinar la vida remanente cambian. En este caso la función del activo tiene un plazo definido.



Total LCC = CCV del equipo actual
Mas
(CCV del equipo nuevo hasta el final de la vida de planta descontados al año 0

Figura 10. Horizonte de evaluación para reemplazo con tiempo finito Fuente: Curso CCV por HS Riddell The Woodhouse Partnership Ltd.

Donde:

- s= Valor de reventa;
- P= Inversión Inicial;
- n= Vida del equipo actual;
- N= Vida del equipo Nuevo

En la grafica se muestra que luego de alcanzar el horizonte económico "n" se reemplaza el equipo por otro igual y cesa la función del activo en la planta.

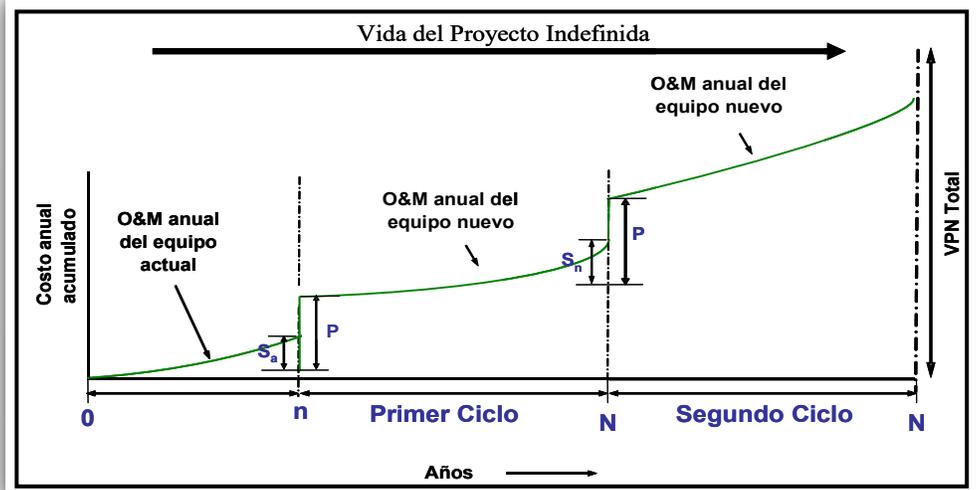
Periodo Indefinido

Este modelo tiene mucha mas aplicación industrial, debido a que generalmente los activos físicos una vez instalados en las plantas su función perdura en el tiempo, y por tal razón se deben reemplazar en varias ocasiones, estos reemplazos son continuos y ocurren a intervalos de tiempo iguales y regulares, esto conlleva a que las matemáticas utilizadas para determinar la vida remanente se compliquen un poco, debido a que se genera una progresión geométrica sobre el periodo infinito de operación del activo, ya que se presentaran varios periodos de operación durante el ciclo de vida del activos físico.

En la grafica se muestra que luego de alcanzar el horizonte económico "n" se reemplaza el equipo

por otro diferente hasta que cese la función del activo en la planta.

Figura 11. Horizonte de evaluación para reemplazo con tiempo infinito
Fuente: Curso CCV por HS Riddell The Woodhouse Partnership Ltd.



CASO DE APLICACIÓN. MOTOR ELÉCTRICO

A continuación se presenta un caso de estudio con el fin de mostrar de manera estructurada la aplicación de la metodología descrita.

Se dispone de un sistema de bombeo de agua de enfriamiento de proceso, el cual esta conformado por un motor eléctrico y una bomba centrífuga el cual fue instalado hace 5 años, este motor presenta una rata de fallas crecientes y por ende un aumento en los costos de reparación por baja confiabilidad, altos costos operativos, disminución del desempeño, y costos regulares constantes (Overhauls), recientemente se ha propuesto el reemplazo de dicho motor en lugar de hacer el mantenimiento acostumbrado, se requiere determinar la vida remanente del equipo y evaluar si es rentable el cambio del motor ó el mantenimiento del mismo es la opción correcta mediante un análisis de CCV. La estructura de costos de operación y mantenimiento del equipo actual y el equipo nuevo se muestran en la siguiente tabla.



Figura 12. Fotografía de la alternativa de reemplazo (motor eléctrico nuevo)

Confiabilidad	
Años	Rata de Falla
2	0.5
4	2
6	3
Costos Directos USD	750
Costos Penalización	1900

Eficiencia	
Años	Perdida
-2	0.5
0	1
1	4
100 % Perdida	100000

Costos Operativos 1	
Años	Costos
0	330
5	360

Costos Regulares	
Años	Costo
3	750
6	750
9	750

Tabla 2. Estas tablas muestran los costos estimados de operación y mantenimiento del equipo actual.
Fuente: Propia

Confiabilidad	
Años	Rata de Falla
5	2
10	2
15	3
Costo Directo USD	750
Costo Penalización USD	1900

Eficiencia	
Años	Perdida
0	0
5	1
10	5
100 % Perdida	100000

Costos Operativos 1	
Años	Costos
0	330
5	360

Costos Regulares	
Años	Costo
3	750
6	750
9	750

Tabla 3. Estas tablas muestran los costos estimados de operación y mantenimiento del equipo nuevo. Fuente: Propia

Costo de Reemplazo P = 2650 USD; Tasa de Descuento = 10 %

Suposiciones para la aplicación del modelo

1. La inflación se considera a través de la tasa real de interés (Tasa de descuento) de la empresa.
2. Los costos de operación y mantenimiento del equipo por unidad de tiempo se incrementan con el tiempo y son considerados al final de cada año.
3. El reemplazo es por un equipo idéntico al instalado
4. El valor de salvamento o reventa decrece con el tiempo.
5. El análisis se realizará para un modo de falla predominante en función de las penalizaciones al momento de ocurrir la pérdida de la función, en este caso FALLA PREMATURA DE LOS RODAMIENTOS.

Como puede observarse los costos de operación y mantenimiento del equipo actual van aumentando a medida que aumenta el número de periodos “n” para reemplazar el equipo, mientras que los costos de operación y mantenimiento del equipo nuevo van disminuyendo puesto que opera menos tiempo. Se debe continuar hasta n=20 para obtener los costos de ciclo de vida totales para el equipo actual y el equipo nuevo, y de esta manera conocer la vida remanente o útil económica.

Equipo Nuevo		
n (años)	CCV Total reemplazo	
	VPN	CAE
1	70566	13100
2	64863	7814
3	60430	6286
4	56048	5393
5	52307	4889
6	49673	4684
7	47149	4493
8	45193	4385
9	44167	4394
10	43257	4386
11	42707	4414
12	43034	4508
13	43451	4586
14	44127	4684
15	45516	4826
16	46956	4953
17	48555	5094
18	50517	5244
19	52689	5404
20	54928	5571
21	57443	5745
22	60083	5924
23	62710	6107
24	65536	6294

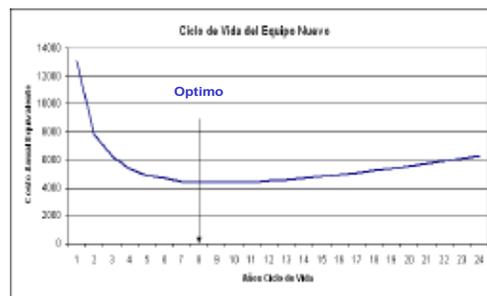


Tabla 4. En la tabla anexa se resalta la vida útil económica del equipo nuevo para un horizonte de planeación definido. Fuente: Propia

Equipo Actual		
n (años)	CCV Total reemplazo	
	VP Premio	VP Total
0	10543	76934
1	3577	69968
2	0	66391
3	677	67068
4	4559	70950
5	12322	78713
6	24454	90845
7	38080	104471
8	59118	125510
9	82280	148671
10	108454	174845
11	137720	204112
12	170103	236495
13	205253	271645
14	242824	309216
15	282816	349208
16	324870	391261
17	368636	435027
18	414121	480513
19	460979	527371
20	508880	575271
21	557851	624242
22	607572	673964
23	657741	724132
24	708416	774807

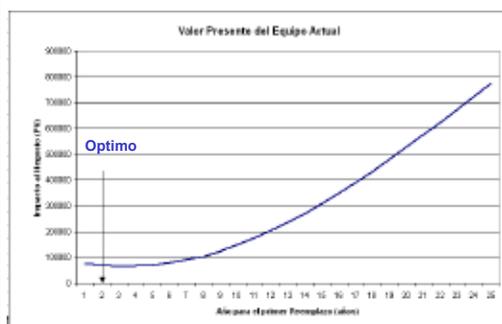


Tabla 5. En la tabla anexa se resalta la vida remanente del equipo actual.
Fuente: Propia

Life cycle (Years)	Total Business Impact (\$/Year)
3	6310
4	5460
5	5010
6	4870
7	4750
8	4730
9	4860
10	4990
11	5200
12	5540

Replacement Point (Years)	Present Value Premium (\$)	Total Present Value (\$)
0	2860	63860
1	682	61682
2	0	61000
3	1240	62240
4	2990	63990
5	5700	66700
6	9780	70780
7	14200	75200
8	19600	80600
9	26300	87300

Tabla 6. Resultados obtenidos con un programa computacional de amplia trayectoria mundial Fuente: APT - LIFESPAN®

Como puede apreciarse en la tabla 5 los resultados obtenidos con la aplicación de los modelos matemáticos son muy cercanos a los obtenidos con el programa computacional de amplia trayectoria mundial (tabla 6), la diferencia en el valor del costo anual equivalente se debe a la calibración interna del programa. Interpretando los resultados el equipo actual dispone de una vida remanente de 2 años, lo que indica que debe permanecer instalado en la planta hasta alcanzar ese tiempo y luego reemplazarlo por la alternativa estudiada por un tiempo de 8 años de vida útil económica, ya que luego de ese año los costos de O+M comienzan a incrementarse por unidad de tiempo.

Equipo Nuevo		
n (años)	CCV Total reemplazo	
	VPN	CAE
1	228133	17110
2	84828	6362
3	56476	4236
4	46499	3487
5	43695	3277
6	44800	3360
7	47158	3537
8	50462	3785
9	54569	4093
10	58403	4380
11	62223	4667
12	65982	4949
13	69669	5225
14	73284	5496
15	76832	5762
16	80314	6024
17	83733	6280
18	87091	6532
19	90389	6779
20	93627	7022
21	96806	7260
22	99925	7494
23	102984	7724
24	105983	7949



Tabla 7. En la tabla anexa se resalta la vida útil económica del equipo nuevo para un horizonte de planeación indefinido. Fuente: Propia

En la tabla 7 se puede apreciar la vida útil económica para el equipo nuevo considerando un horizonte de planeación indefinido, cabe destacar que los resultados obtenidos en un horizonte económico definido son usualmente diferentes a los arrojados en un horizonte de planeación indefinido, ya que el modelo matemático utilizado para descontar los flujos de caja en un periodo infinito hace uso de la progresión geométrica para proyectar el VPN a perpetuidad. En este sentido la mejor política será reemplazar el equipo nuevo cada 5 años "para siempre".

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La vida remanente económica del motor

eléctrico actual se pudo calcular por conocer un reemplazo posible.

2. En el análisis no se consideran los efectos de desempeño del equipo, en cuanto a la eficiencia.

3. La vida útil económica del motor eléctrico depende de la diferencia de desempeños entre el activo actual y el posible reemplazo y del costo del reemplazo y de su deterioro en el tiempo.

4. El desempeño del activo actual y el posible reemplazo se evaluó en términos de costos y riesgos.

5. La incertidumbre en las variables anteriores ha de manejarse de manera adecuada.

6. La vida útil económica del motor eléctrico se calcula a través de una evaluación financiera.

7. El intervalo óptimo de reemplazo se incrementa si la tasa de descuento se aumenta.

8. Como la opción ganadora es mantener el equipo actual se debe realizar nuevamente el análisis en un año para verificar si sigue siendo la mejor alternativa, o existe otra alternativa en el mercado con un CAE menor que la opción actual.

9. Si la inflación es constante por unidad de tiempo no debemos preocuparnos por su efecto.

10. Es importante conocer donde ocurren los flujos de caja para construir los modelos matemáticos adaptados a la organización.

11. Los resultados obtenidos son muy cercanos a los arrojados por un método y programa computacional de amplia trayectoria mundial.

MEJORES PRÁCTICAS

La mayoría de los proyectos son manejados por tiempo y capital invertidos. Estos indicadores pueden tornarse en contra del "dueño" de los activos, pues a la larga se ahorra dinero y tiempo donde no debió ahorrarse, trayendo como consecuencias entre otras:

- Mayores costos de mantenimiento
- Menor productividad
- Tiempo de puesta en marcha largo
- Tiempo en alcanzar producción de diseño largo
- Elevado consumo inicial de repuestos
- Muchos esfuerzos en cambios y rediseños

Está demostrado por algunas de las mayores empresas de ingeniería y construcción del mundo que alrededor del 70% de

oportunidades de ahorro de una planta se encuentran en la fase de ingeniería y construcción. Entonces algunos retos que tenemos al frente (algunas empresas ya lo están haciendo) son los siguientes:

- Re-definir los indicadores de desempeño de proyectos
- Hacer que mantenimiento y Operaciones intervengan desde las etapas tempranas de los diseños.
- Usar los elementos de Costo/Riesgo/Beneficios de manera cuantitativa desde el inicio.
- El análisis de costos de ciclo de vida debe ser obligatorio.
- Apegarse a las normas y estándares vigentes como ISO 55000, PAS 55, ISO 15663, BS 3843, BS 3811, etc.

CONSIDERACIONES FINALES

El óptimo nivel de inversión económica se presenta cuando:

1. Estimamos el potencial de reducción de riesgo en nuestras propuestas de inversión y cambios.
2. Manejamos continuamente los criterios de funcionalidad, seguridad, calidad, operabilidad, mantenibilidad y durabilidad.
3. La elaboración de los análisis de reemplazo se deben realizar de acuerdo a un equipo multidisciplinario que aporta su valiosa experiencia.
4. Hacemos una detección temprana y control de las amenazas en los cambios de diseños difíciles de implementar y que son muy costosos.
5. Medimos semana a semana el nivel de certeza del avance y de la terminación del proyecto en el tiempo estipulado y con el presupuesto disponible.

Conocer los niveles óptimos de sus inversiones basadas en consideraciones técnicas y económicas dándole la importancia que tiene la confiabilidad como característica vital del diseño. En la práctica, el costo de operar y mantener un centro de trabajo, unas instalaciones o unos equipos con poca o baja confiabilidad, durante su tiempo en servicio o durante el ciclo de vida estimado en el diseño, puede sobrepasar ampliamente su costo de capital inicial o la inversión inicial.

Referencias

- [1] ISO - 55000 Asset Management — Overview, Principles and Terminology, 2014
- [2] John D. Campbell, Andrew K.S. Jardine and Joel McGlynn; "Asset Management Excellence: Optimizing Equipment life-Cycle Decisions", 2011, CRC.
- [3] Edgar Fuenmayor. Análisis de Reemplazo de un Activo Basado en Costos de Ciclo de Vida. Revista Confiabilidad Industrial N° 11. Venezuela. 2011. www.confiabilidad.com.ve
- [4] Edgar Fuenmayor, José Duran y Luis Sojo: 'Decisión de Reemplazo o Reparación de un Equipo', 2011. www.gestionpas55.com
- [5] Macro Project EU 1488, 2008, www.macroproject.org
- [6] Colin Labouchere, Duran Jose Bernardo: '¿Cuándo Reemplazar mis Activos?', Institute of Asset Management Latino America, <http://es.groups.yahoo.com/group/IAM-LAfiles/ConfiabilidadOperacional/> 2008.
- [7] Harry Riddell, y José Duran. Curso de Adiestramiento Costos de Ciclo de Vida. THE WOODHOUSE PARTNERSHIP LIMITED. 2008. www.twpl.com
- [8] Zuashkiani, Ali; "Expert Knowledge Based Reliability Models", 2008, VDM Verlag Publishing.
- [9] British Standard Asset Management BS PAS 55 2008.
- [10] British Standard BS 3811 Terms in Terotechnology, 2008
- [11] PEMEX: 'Guía Técnica para el Análisis de Costos del Ciclo de Vida de los Activos'. 2008
- [12] British Standard BS 3843 Terotechnology, 2007
- [13] Andrew K.S. Jardine and Albert H. C. Tsang, Maintenance, Replacement, and Reliability (Theory and Applications), 2006.
- [14] Nassir Sapag Chain: 'Proyectos de Reemplazo', 2006
- [15] ISO - 15663 (E) Petroleum and natural gas industries – Life Cycle Costing, 2001.
- [16] Barringer, H. Paul. How to Justify Machinery Improvements Using Life Cycle Cost and Reliability Principles. 2001, (www.barringer1.com).
- [17] Barringer, H. Paul. How to Justify Machinery Improvements Using Reliability Engineering Principles. Presentación del Autor en el 1999 Pump Symposium, Houston, TX USA. 1999 (www.barringer1.com).
- [18] Barringer, H. Paul. Life Cycle And Good Practices. Presentación del Autor en la NPRA Maintenance Conference, San Antonio, TX USA. 1998 (www.barringer1.com).
- [19] Barringer, H. Paul. Life Cycle And Good Practices. Presentación del Autor en la NPRA Maintenance Conference, San Antonio, TX USA. 1998, (www.barringer1.com).
- [20] L. Blank y A. Taquin: Ingeniería Económica. Tercera edición. McGraw-Hill Interamericana S.A., Bogotá, 1991, pp224.
- [21] Labouchere, C.M.: 'Use of a Small Computer to Assist in Making Maintenance Decisions', Proceedings of UK Maintenance Congress, London 1982

AUTOR:

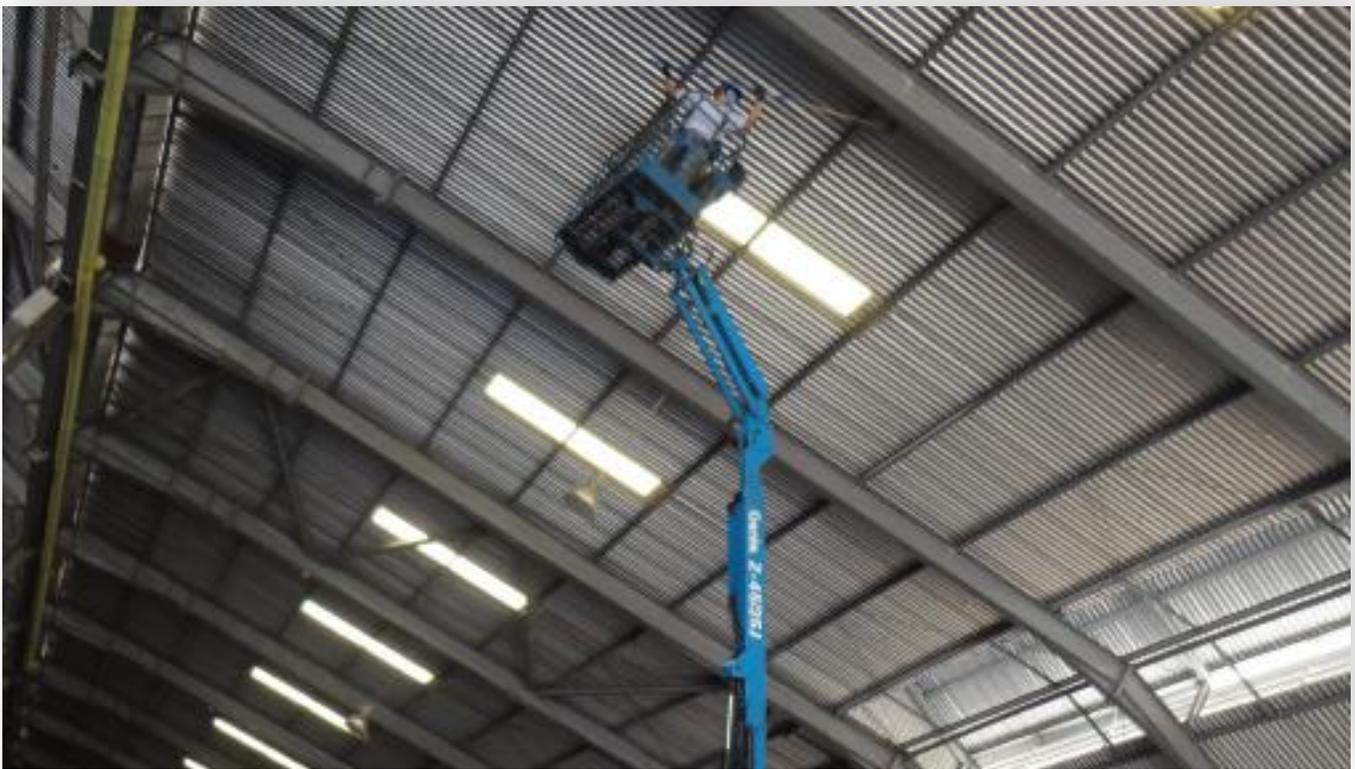
EDGAR FUENMAYOR

Ing. MSc. CMRP

edgarfuenmayor1@gmail.com

SOCIEDAD VENEZOLANA DE FACILITY MANAGEMENT

**CUIDAMOS ACTIVOS
PROTEGEMOS ESTRUCTURAS**



**MANTENIMIENTO
PAISAJISMO Y MANTENIMIENTO
DE ÁREAS VERDES
SERVICIOS ELÉCTRICOS
OPERACIONES LOGÍSTICAS Y DE
ALMACENAMIENTO
SEGURIDAD**

 @facilityvenezu1

 Sociedad Venezolana de Facility Management

 Venezuela Facility

www.facilityvenezuela.com.ve



BUENOS AIRES SERA EL EPICENTRO
del Facility Management
DEL 28 AL 30 DE NOVIEMBRE
con CIFMers LATAM

Noviembre será el mes en que tendrá lugar en Buenos Aires el Congreso Internacional de Facility Managers. Los responsables de inmuebles y servicios de la región, podrán conocer las experiencias y buenas prácticas, de la mano de los mejores profesionales del sector, además de disfrutar de visitas guiadas, talleres y networking.

Buenos Aires, 3 de julio de 2017

El programa del congreso se compone de actividades destinadas a cubrir el mayor espectro posible del sector. De esta forma el primer día se dedica al bloque de Servicios y Energía, y el segundo día se dedicará a Workplace y Tecnología, de tal forma que pueda atenderse a los intereses de estos diferentes grupos del sector del FM. Cada día está formado por una jornada de conferencias y talleres especializados de Provisión de servicios, Workplace y Normativa en FM, este último liderado por los representantes de IRAM y Stan Mitchell, Chairman de la ISO TC 267 Facilities Management. Asimismo, las asociaciones internacionales de FM podrán entrar en contacto y reforzar las relaciones entre profesionales del sector, herramienta indispensable para mejorar la visibilidad del FM como profesión, en una nueva convocatoria del "Gathering de asociaciones FM", que ya se ha llevado a cabo con éxito en ediciones anteriores. En esta ocasión y ejerciendo de anfitriona la asociación local SLFM, participarán numerosas asociaciones internacionales latinoamericanas junto con la presencia de Pekka Matvejeff, actual chairman de EuroFM que dará su visión europea. El tercer día, el programa se cierra con las visitas guiadas al complejo AL RIO y al edificio de la Casa de Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, construido por Norman Foster & Partners.

Este congreso de tres días será una plataforma de comunicación entre Facility Managers, proveedores y asociaciones.

El objetivo de este congreso será exponer cómo se ha desarrollado la solución a los retos que afrontan los Facility Managers en su día a día, los proveedores de servicios podrán tener información de primera mano sobre las necesidades y preocupaciones principales de sus potenciales clientes y las asociaciones analizarán cómo mejorar la disciplina a nivel local.

En definitiva, CIFMers LATAM será un evento que, manteniendo los valores de la ética y la profesionalidad, pretende reforzar el sector y la figura profesional del Facility Manager en la región Latinoamericana.

Para más información visite www.cifmers.com o escriba a info@cifmers.com



Armando Negrotti:

EL FACILITY MANAGEMENT COMIENZA DESDE LA PROYECCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El facility management es una de las actividades que más relevancia ha tomado en las últimas décadas, en el área de la gestión de activos. Gerenciar una edificación ha sido siempre una tarea humana, ligada al confort, la habitabilidad, la higiene o la seguridad. No obstante, fue a partir de las últimas décadas del siglo XX que comenzó a hacerse sentir la denominación industrial de este conjunto de disciplinas que conforman el facility management o gerenciamiento de edificaciones. En esta ocasión conversamos con Armando Negrotti, presidente del Comité Argentino de Mantenimiento, institución que en los últimos años ha dedicado especial atención al gerenciamiento de edificaciones, con énfasis en el área hospitalaria.

El presidente del Comité Argentino de Mantenimiento (CAM) y Presidente de la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM), conversó con Predictiva 21 acerca de la importancia del Facility Manager, la disciplina encargada de gerenciar infraestructuras, y el impacto que esto tiene en el mundo actual, desde el punto de vista de la gestión de activos.

Negrotti es además Presidente de la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM), es miembro fundador del Global Forum on Maintenance & Asset Management (GFAMAM) Zurich – Suiza, en el cual representó a la FIM desde 2009 al 2011. Es vicepresidente de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH), fue Director de Diplomatura de Gestión de Servicios y Mantenimiento en Instalaciones de Edificios (Facility Management Program) en la Universidad Austral, Director de Diplomatura de Planificación y Control de Mantenimiento Hospitalario en el CAM, Director de Cursos de Ingeniería Hospitalaria en la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria y el International Federation of Hospital Engineering; entre otros cargos importantes.

PREDICTIVA21: ¿CÓMO SE INICIA USTED EN EL MUNDO DE LA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO?

ARMANDO NEGROTTI: Mis inicios profesionales fueron en SOMISA, la principal industria siderúrgica argentina de la década de los '70, dónde me incorporé a un equipo que trabajó en la reorganización del Departamento Mantenimiento. Una de las principales propuestas de éste equipo fue la creación del área de Ingeniería de Mantenimiento. Completada esta actividad, me incorporo a esta área en la Sección de Planificación del Mantenimiento.

P21: ¿QUÉ ACTIVIDADES ADELANTA ACTUALMENTE EL COMITÉ ARGENTINO DE MANTENIMIENTO, EL CUAL USTED PRESIDE?

AN: El Comité Argentino de Mantenimiento ha dado en los últimos años un claro vuelco hacia el mantenimiento hospitalario y los servicios, sectores que lideramos en aspectos académicos. Los próximos 14 y 15 de septiembre organizamos el 25º Congreso de Mantenimiento Hospitalario, evento que anualmente reúne la matrícula especializada y nos permite ampliar nuestras propuestas de capacitación. Desde hace siete años con el Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista (COPIME) dictamos la Diplomatura en Planificación y Control del Mantenimiento Hospitalario y, posteriormente, con la Asociación de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH) desarrollamos los Cursos de Ingeniería Hospitalaria 1 y 2. Para el 2018 reeditaremos el Congreso de Mantenimiento Hospitalario y se prevé organizar el Congreso Argentino de Mantenimiento, de factura bianual.

P21: USTED ES TAMBIÉN MIEMBRO DE FIM ¿QUÉ HA SIGNIFICADO ESTO PARA USTED Y CÓMO ESPERA CONTRIBUIR AL SECTOR MANTENIMIENTO DESDE ESTA ORGANIZACIÓN?

AN: Efectivamente, el Comité Argentino de

Mantenimiento es miembro fundador de la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM) y desde hace más de 30 años viene participando de las actividades que esta institución realiza. En dos períodos ejercimos la presidencia, del año 1998 al 2001, el Ing. Carlos Marchio y del 2007 al 2009, el suscrito y desde el 2001, en forma ininterrumpida hasta la fecha, gestionamos su secretaría ejecutiva. En el año 2009, bajo mi presidencia, se fundó el Global Forum of Asset Management & Maintenance (GFMAM), con proyección internacional, y la FIM se incorporó como miembro fundador. De hecho la tercera reunión de ésta organización se realizó en Buenos Aires, en oportunidad de realizarse el 15º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento.

P21: ¿CÓMO LLEGA USTED AL MUNDO DE FACILITY MANAGEMENT?

AN: Mis inicios en el mundo del Facility Management, sin saber que llevaba ese nombre, fueron en 1982, cuando asumí la gerencia de Ingeniería de Planta de una importante metalúrgica, perteneciente a la Organización Techint. Cinco años antes, ya venía completando mi experiencia en distintas posiciones de mantenimiento y abastecimiento de este grupo industrial y, en el año 1986, me integro a una empresa de prestación de servicios tercerizados para las distintas empresas que integraban éste grupo.

Con un equipo bien capacitado brindábamos servicios de mantenimiento especializado, operábamos los servicios de sus edificios, comprábamos y distribuíamos sus materiales; desarrollábamos nuevos proyectos. Era la década de los '90 y comenzaba a haber una transferencia de actividades, en las cuales no se especializara el corazón de la organización, hacia terceros que se suponía estaban más capacitados para realizarlos. De modo que esta empresa, asociada con una corporación internacional, comenzó a vender esos servicios a otros grupos empresariales.

P21: ¿POR QUÉ SE HA VUELTO TAN RELEVANTE ESTA DISCIPLINA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS? ¿Y POR QUÉ NO ERA TAN VISIBLE ANTES, HACE TRES O CUATRO DÉCADAS ATRÁS?

AN: Es evidente que fue una cuestión de costos: la competencia obligó a optimizar costos y a reducir aquellas posiciones de organigrama superfluas. El costo de un operario de limpieza incorporado en una empresa industrial es mucho más alto que el que resulta de contratarlo a través de una empresa de limpieza, a la que se le transfiere también el riesgo. De cualquier forma, esto también se fue dando por etapas. En un inicio, las empresas industriales contrataban mano de obra a través de un contratista. Era personal temporario que ponían a cargo de su propia supervisión. Pero, esa metodología generó pérdidas porque, de acuerdo a la legislación eran solidarios con el contratista y al desvincular ese personal temporario recibieron muchísimos juicios, cuyas costas debieron afrontar. Lo que derivó con posterioridad en contratar empresas mejor configuradas y especializadas.

P21: USTED SEÑALA QUE ESTA DISCIPLINA NO DEBERÍA SER UN TEMA NUEVO, YA QUE SE ENCARGA DE UN TEMA BÁSICO PARA EL DESARROLLO HUMANO, COMO LO ES EL CONFORT DE LAS EDIFICACIONES. ¿A QUÉ CREE QUE SE DEBE QUE EN AMÉRICA LATINA ESTEMOS RETRASADOS EN ESTE TEMA, CON RESPECTO A OTROS PAÍSES?

AN: Digo que no es un tema nuevo, porque en USA, "facilities" son las instalaciones de infraestructura, por tanto el gerenciamiento de la infraestructura es el "Facility Management", desde que se desarrollaron edificios con equipamiento se acuñó éste término. Sin embargo, el concepto más moderno comienza a desarrollarse cuando se asocia su función con

los "procesos" que se desarrollan en los edificios y esto viene de la mano de los británicos y el "asset management". El desarrollo humano es un componente importantísimo de la pirámide, del "Asset Lifecycle Performance Management", se ubica en el mismo nivel de los procesos, pero se apoya en las estrategias, manejo de la información y tecnología y se concluye con el control de la performance, mediante el uso de indicadores. Es cierto que existe un retraso, pero responde a la misma matriz de otras disciplinas: a la implementación de estrategias y atraso tecnológico propio de la aplicación de políticas fluctuantes en América Latina. Por ejemplo, en Argentina los subsidios indiscriminados en la provisión de energía, retrasaron la instalación de equipamiento tecnológico para proveer al ahorro energético.

P21: ¿CONSIDERA USTED QUE EL MUNDO PROFESIONAL DEL MANTENIMIENTO TIENE UNA VISIÓN REAL, OBJETIVA Y COMPLETA DE LO QUE SIGNIFICA EL FACILITY MANAGEMENT O LA GERENCIA DE LAS EDIFICACIONES?

AN: Obviamente, en los países desarrollados, sí. No obstante, en América Latina en aquellos países con políticas coherentes en materia de inversiones internacionales, México, Colombia y Chile (países en los que he trabajado) en los últimos años han avanzado bastante. Se han definido indicadores de Facility Management que llevan a la diferenciación de las disciplinas y necesariamente a la definición de estándares y procesos acordes.

P21: ¿QUÉ ES LO MÁS COMPLEJO, O LO MÁS DIFÍCIL, EN EL MUNDO DEL FACILITY MANAGEMENT?

AN: Lo más complicado es la falta de personal capacitado para trabajar en el mantenimiento de edificios y la irrupción en el mercado de empresas con poca especialización en el tema y con personal precario, que bajan sus precios

por debajo de lo óptimo para conseguir un contrato y después prestan servicios de baja calidad. La solución a ambos problemas pasa por la capacitación a nivel de operarios, pero también a nivel de los profesionales a cargo de las contrataciones. Para salvar estas situaciones, las compañías internacionales hacen contratos globales con proveedoras de servicios también internacionales, con lo que obtienen un menor precio en los contratos de servicios que abarcan muchos países. Pero, en los mercados locales encuentran las mismas dificultades para proveerse del personal operador.

P21: RESPECTO A LOS HOSPITALES, QUE SON TAN SENSIBLES AL TEMA DE LA LIMPIEZA, LA HIGIENE, LA CALIDAD DEL AIRE O LA DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS, ¿CUÁLES SON LOS RETOS PRIMORDIALES DE UN FACILITY MANAGER EN ESTE ENTORNO?

AN: Los hospitales siguen las normas generales de la ley de lo platicado hasta ahora. Lo primordial es asociar los procesos de prestación de servicios no asistenciales a las necesidades de los procesos médicos y en línea con el recurso físico disponible y, además, tener previstas soluciones alternativas para responder a las contingencias con personal entrenado.

P21. ¿CREE USTED QUE LOS PENSUM DE ESTUDIOS DE LAS UNIVERSIDADES DE LA REGIÓN ESTÁN EN SINTONÍA CON LO QUE SIGNIFICA EL FACILITY MANAGEMENT Y EL IMPACTO QUE TIENE EN LA GERENCIA DE LAS GRANDES INFRAESTRUCTURAS?

AN: No, desde mi punto de vista, en los países de la región están faltando carreras de grado que apunten a desarrollar capacidades en la administración operativa de grandes infraestructuras. Para paliar esta situación en el año 2009 en la Universidad Austral y bajo mi

dirección, creamos la Diplomatura Gestión de Servicios y Mantenimiento de las Instalaciones en Edificios (Facility Management Program), de 120 horas. Y con posterioridad las Diplomaturas y Cursos, ya comentados, apuntando al área de Salud.

P21. PARA EL CASO DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES Y LAS INFRAESTRUCTURAS QUE INVOLUCRAN EL IOT ¿CÓMO ENCAJA ACÁ LA FIGURA DEL FACILITY MANAGEMENT? ¿QUÉ LE TOCA HACER? ¿DEBE TENER (O NO) HABILIDADES EXTRAS SI SE GERENCIA UN EDIFICIO INTELIGENTE RESPECTO A UNO CONVENCIONAL?

AN: Si la tecnología está incorporada al edificio, sin duda se va a facilitar su trabajo, lo importante es que adquiera las capacidades necesarias para darle un buen uso y aproveche sus ventajas. No es difícil. Ya hay empresas especializadas que proveen protocolos de integración y brindan la capacitación suficiente para su correcta utilización.

P21. ¿CONSIDERA USTED QUE EL MARCO LEGAL VIGENTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE GRANDES INFRAESTRUCTURAS Y TODA LA TEMÁTICA DE LA INGENIERÍA CIVIL PARA EDIFICACIONES ESTÁ ALINEADO CON LAS NECESIDADES Y ENFOQUES DEL FACILITY MANAGEMENT COMO DISCIPLINA MULTIFACTORIAL?

AN: Entiendo que el tema debe estar en permanente revisión. Las instituciones especializadas hacen importantes aportes con sus profesionales a la actualización legal y normativa: ASHRAE, la institución internacional que cubre los principales aspectos de la industria del HVAC&, establece estándares de calidad de aire y confort que, si bien no son de

aplicación obligatoria, son adoptados para establecer normativas de aplicación. Lo mismo ocurre en Argentina, con la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), institución rectora de las normativas eléctricas. Recientemente la Ciudad de Buenos Aires ha puesto en Revisión el Código de Edificación y ha dado intervención a las instituciones especializadas, por lo que, entre otras instituciones, estamos brindando nuestro aporte en el sector de la Salud.

P21. EN VENEZUELA ACABA DE CREARSE LA SOCIEDAD VENEZOLANA DE FACILITY MANAGEMENT, FUNDADA POR EL ING. RAFAEL ARGÜELLES, PRESIDENTE DE LA EMPRESA SISVENCA. ¿QUÉ OPINIÓN LE MERECE ESTA INICIATIVA Y CÓMO CREE USTED QUE PUEDEN PERFILARSE LOS LAZOS DE COOPERACIÓN ENTRE AMBAS INSTITUCIONES?

AN: Todas las iniciativas tendientes a estandarizar, normar y capacitar en aspectos relativos al Facility Management son bienvenidos, por tanto será interesante establecer contactos para ver aquellos puntos comunes que se puedan explorar.

P21. ¿ALGUNA RECOMENDACIÓN FINAL PARA QUIENES ASPIRAN A DEDICARSE A ESTA ÁREA?

AN: El trabajo del Facility Manager se inicia cuando el edificio se empieza a proyectar, no como normalmente se piensa: después que se inaugura. Por tanto los que aspiren a dedicarse a esta tarea deben prepararse para plantarse frente a los desarrolladores y con conocimiento vender las ventajas que pueden aportar al ciclo de vida del proyecto por incorporarse al mismo dos años antes de lo previsto.



**El Facility
Management
comienza
desde
la proyección
de la
edificación**

**Armando
Negrotti**

LO NUEVO DE *Asset Radio*



ASSET RADIO es una emisora digital, que se transmite vía web, su misión es servir de puente al conocimiento, estamos en un constante crecimiento y generación de contenido dirigido al crecimiento del profesional de hoy, por ellos queremos compartir los nuevos programas que se unen a los ya existentes: DOSIS DE CONOCIMIENTO, LA SALSA DE MANTENIMIENTO, SEMINARIOS RADIALES Y DIALOGO CON LA EXPERIENCIA.

LOS NUEVOS PROGRAMAS QUE YA ESTÁN AL AIRE SON:

La seguridad ocupacional es un área de vital importancia en cualquier organización, ya que debemos proteger al activo mas importante de cualquier empresa nos referimos al ACTIVO HUMANO.

En sentido tenemos el inmenso placer de contar con la autorización del Dr. Luis Gaviria quien es el Director General del Neuroscience & Coaching Institute, para la transmisión por asset radio de sus videos institucionales asociados a Higiene seguridad y ambiente y crecimiento personal, este nuevo programa de asset radio lleva por nombre "UN MOMENTO CON LA SEGURIDAD" dirigido a todos los profesionales de habla hispana.

Será transmitido desde 1ro de Agosto todos los días de Lunes a Viernes en tres horarios 08:05, las 12:05 y 18:05 hora.

Una vida con sentido implica un espacio donde puedas relajarte, conocerte, crear y sorprenderte. Asset la radio del conocimiento presenta todos los martes de 5 a 6 de la tarde su nuevo programa VIVIR PLENAMENTE, un programa para disfrutar la vida a todo lo que da.

Todos los Martes de 16 :05 a 17:00 Hora Venezuela.

Es contigo, es URGENTE nuestro planeta necesita de nuestra conciencia. Todos los Jueves a las 15:05 Hora venezolana no puedes perderte nuestro programa: EQUILIBRIO GLOBAL, un nuevo programa radial de Asset, por una vida y un planeta mas sustentable, si cuidamos el planeta cuidamos el futuro.

Asset la nueva manera de hacer Radio

Durante 5 años México será la sede del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento

GERARDO TRUJILLO:

La presidencia del COPIMAN descansa en un grupo de mentes con la esperanza de dejar huella en el camino

Entre los proyectos a concretar por Trujillo está la activación de una membresía sin costos, a fin de construir una data panamericana de todos los perfiles que ejercen el mantenimiento incluyendo subespecialidades, experiencias y necesidades. Esto con la finalidad de digitalizar, a través de webinarios, todo este aprendizaje y continuar fomentando la capacitación entre colegas. El nuevo presidente del COPIMA hizo un llamado a toda la comunidad para que participe y se integre a esta idea.

Constancia, dedicación, esfuerzo y vocación son algunas de las palabras que definen al nuevo presidente del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento (COPIMAN), el ingeniero mexicano Gerardo Trujillo, quién durante los próximos cinco años estará al frente de esta importante organización. COPIMAN se ha convertido en un referente dentro del mantenimiento mundial, gracias al gran papel que cumple como difusor de

conocimientos, tendencias, técnicas y casos de éxitos, que aportan un valor agregado al desarrollo profesional de los practicantes y amantes de la ingeniería en Mantenimiento.

Predictiva21 se complace una vez más tener en entre sus páginas a este tenaz ingeniero, especialista en Lubricación y completamente seducido por el Mantenimiento y he aquí algunas de sus impresiones en esta nueva faceta dentro de su carrera profesional.

El mayor reto que deseo asumir es el estudio de los Indicadores Panamericanos de Mantenimiento, como base de comparación que la industria requiere para identificar su estado actual y desarrollar proyectos de mejora”

1. ¿Cómo recibió la noticia de ser nombrado Presidente del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento (COPIMAN)?

Con una gran emoción. Desde el año 2015, durante el Congreso Mundial de Mantenimiento de Colombia me fue notificada la decisión, pero conforme se acercaba la fecha de cambio de sede del COPIMAN de Costa Rica a México la emoción iba en aumento. Debo confesar que soy muy malo para ocultar mis emociones: durante mi mensaje de toma de posesión, en varias ocasiones me tuve que detener para recuperar la voz y el control. Es indescriptible lo que siento por tener el privilegio de servir a nuestra comunidad desde esta posición.

2. ¿Cuáles serán los nuevos retos que se planteará como presidente del COPIMAN? ¿Y cómo logrará captar a las nuevas generaciones de ingenieros, para que participen de forma activa en las actividades de dicha organización?

Creo que COPIMAN ha logrado muchas cosas desde su fundación. De los 15 comités técnicos de UPADI el COPIMAN es el más activo de todos. Durante el año, se llevaron a cabo 375 actividades coordinadas o soportadas por COPIMAN. El reto para sostener ese ritmo es en sí mismo bastante importante. En lo personal, creo que una organización como COPIMAN puede y debe aportar mucho más a la ingeniería panamericana y a nuestros países para hacerlos más seguros y competitivos.

Lo primero será conformar una organización donde cualquiera pueda participar y aportar y enseguida desarrollar actividades en las que podamos compartir nuestras experiencias, conocimientos y abrir la puerta a la investigación y nuevos proyectos.

Entre ellos está la incorporación de las nuevas generaciones. En UPADI hay un Comité de Jóvenes, y queremos aprovechar

esta visión renovada que tanta falta nos hace. También recibí un mensaje de mi mentor, el Profesor Lourival Tavares, quien hace una serie de aportaciones relacionadas con la incorporación de las Universidades y los Postgrados con mayor dinamismo al COPIMAN.

Uno de los mayores retos que tiene COPIMAN es la falta de recursos. Al ser una organización que no cuenta con personalidad jurídica, todo lo que hace los hace bajo la figura del trabajo voluntario, no tiene y ocasionalmente recibe donativos. De modo que es algo en lo cual tendremos que trabajar.

3. Para esta nueva legislatura que ahora preside ¿cuál es la visión que quiere darle al COPIMAN? ¿Puede nombrar algunas de las metas planteadas?

Queremos que todos participen. Los mejores resultados se logran cuando quienes pertenecen a una organización tienen la posibilidad de colaborar y aportar sus conocimientos y habilidades. Hay mucho conocimiento, presente en los miles de practicantes de la ingeniería de mantenimiento. Experiencia, casos resueltos, cosas por compartir. Es por ello que abriremos las MEMBRESÍAS de COPIMAN a todos los profesionales, maestros y estudiantes. Una membresía sin costo que permitirá construir una base de datos panamericana, basada en los perfiles desarrollados por las personas incluyendo subespecialidades, experiencia y necesidades. Las membresías habilitan la segunda etapa de este proyecto, que es la de tener cursos cortos base web (webinarios). El plan implica 52 seminarios virtuales por año, con frecuencia de uno por semana. Y la acogida a ha sido muy entusiasta: apenas a una semana de haber planteado la idea a los delegados de COPIMAN y conversar con algunos colegas, ya tenemos propuestas para 30 semanas.



Este es el periodo donde se ha logrado un crecimiento mayor en cuanto a número de actividades. Les comparto la visión y misión de COPIMAN:

Misión - Promover el avance de la tecnología, la difusión del conocimiento, las estrategias y el desarrollo de los profesionales de la gestión de activos físicos, la confiabilidad y la ingeniería del mantenimiento, en el continente americano, con un enfoque humano y de respeto al medio ambiente.

Visión - Ser el organismo líder de los profesionales de la gestión de activos y vínculo entre la industria y las universidades para mejorar la competitividad de la región.

4. Cómo presidente y miembro activo del comité ¿puede hacernos un breve resumen de los avances que ha tenido el COPIMAN desde su fundación?

COPIMAN cumplió en el año 2016, 30 años de su fundación como Comité Técnico de UPADI. Lourival Tavares, de Brasil, es reconocido como el personaje que le dio realmente vida e impulso a esta actividad. Fue él quien me invitó varias veces a colaborar en COPIMAN y me compartió su amor por el trabajo voluntario. Santiago Sotuyo, de Uruguay y presidente de URUMAN tomó la presidencia para darle continuidad al trabajo de Lourival Tavares y consiguió no sólo sostener el crecimiento, sino incrementar la divulgación de la misión y visión de COPIMAN. La última sede le correspondió a Costa Rica bajo la dirección de Julio Carvajal.

5. ¿Cuáles serán las próximas actividades que tienen previsto realizar el COPIMAN?

Tenemos un calendario de actividades formales. Los Congresos de Colombia en agosto, México en septiembre, Perú en octubre, Uruguay y Puerto Rico en noviembre. Adicionalmente esperamos iniciar con los cursos en plataforma virtual.

6. ¿Cuáles cree usted que deben ser los atributos de un ingeniero en mantenimiento para llegar a ser presidente del COPIMAN?

Amar el trabajo voluntario y tener vocación de servicio. Suena sencillo, pero no hay muchas personas en nuestra profesión a las que les sobre el tiempo. A mí no me sobra, pero programo mis actividades para poder asignarle tiempo a varias actividades de trabajo voluntario. Además de COPIMAN, tengo responsabilidades con ISO, SMRP, ICML, AMGA y UMAI. También tengo una familia, amigos y vida profesional. Para estar en COPIMAN no hay que ser un experto en mantenimiento y confiabilidad, pero si hay que entender el alcance que tiene esta disciplina. Yo soy un especialista en lubricación y análisis de

lubricante y esa no es una limitante. Creo que la empatía, el liderazgo y rodearse de un grupo de personas afines con sueños e ideas por realizar es fundamental. La presidencia de COPIMAN no es de una persona, sino de un grupo de mentes con la esperanza de dejar huella en el camino.

7. ¿Qué proyectos desea organizar como Presidente del COPIMAN?

El mayor proyecto que quiero enfrentar desde esta posición es el de los indicadores de mantenimiento panamericanos. Creo que desde COPIMAN es el lugar ideal para retomar esta idea que viene intentándose desde la gestión de Lourival Tavares y que no ha sido posible llevar a cabo. Esta es la base de comparación que la industria requiere para identificar su estado actual y desarrollar proyectos de mejora. Adicionalmente queremos continuar con los trabajos efectuados para integrar maestrías, diplomados y especialidades en las universidades del continente.

8. ¿Cuál cree usted que es la percepción de los profesionales del ramo ante lo que representa el COPIMAN para comunidad del mantenimiento?

Creo que pocos conocen de su alcance, la misión y visión del COPIMAN, pero entienden que es una organización panamericana de la Ingeniería. Es nuestra tarea la de comunicarnos mejor y lograr la Misión mediante las actividades que hemos planteado anteriormente.

9. ¿Qué temas abordará el COPIMAN para los próximos eventos?

Necesitamos seguir reforzando los elementos que son el sostén de nuestras sociedades y a partir de ello construir las competencias técnicas que se requieren en nuestra profesión. Para ello debemos mantenernos con un mensaje a favor de la ética y los

valores, el respeto por la propiedad intelectual, la erradicación de la corrupción, el cuidado del medio ambiente y cumplimiento de nuestras responsabilidades sociales. En el ámbito profesional debemos trabajar con el aporte al ahorro de energía (ISO 50001), mejora de la seguridad relacionada con el mantenimiento, el Internet de las cosas (IoT) aplicado al mantenimiento, el análisis de los datos para gestionar las máquinas (Big Data), la incorporación del mantenimiento en los sistemas de gestión de activos (ISO 55000) y por supuesto la certificación de competencias técnicas de las personas.

10. Para finalizar, ¿Cuál sería el mensaje que quiera dar a la comunidad del mantenimiento y a las nuevas generaciones que hoy se incorporan al mundo laboral?

Mantenerse estudiando. Con la tecnología y los sistemas en constante evolución, el conocimiento se vuelve obsoleto muy pronto. Agrúpanse, participen en los Congresos, intégrense para aprender mejor, aprovechar la experiencia comunitaria y construir un gremio cada vez mejor preparado. Asignen tiempo a actividades voluntarias, de verdad no saben la gran satisfacción que se deriva de ellas. No hay mejor paga que la satisfacción de ver lo que uno puede aportar al crecimiento de nuestra profesión.

Para conocer más del trabajo del Ingeniero Gerardo Trujillo puedes seguirlo en las redes sociales como:

<https://mx.linkedin.com/in/gerardotrujillomexico>

<https://twitter.com/gtclubcoach>

TEXTO:

Maite Aguirrezabala/ Predictiva21

Fotos: Cortesía

During 5 years, Mexico will host the Pan American Committee of Maintenance Engineering (COPIMAN)

GERARDO TRUJILLO:

The presidency of COPIMAN does not reside in one person but in a group of minds with the hope of leaving a legacy behind

Among the projects in Trujillo's agenda, there is the activation of a free membership in order to build the Pan American data of all the profiles involved in maintenance, including subspecialties, experiences, and needs. With the idea of digitalizing all this learning in webinars and continue encouraging growth among his peers, he calls on all the community to participate and integrate under this idea.

Persistence, dedication, effort and vocation are some of the words that define the new president of the Pan American Committee of Maintenance Engineering (COPIMAN), Mexican engineer Gerardo Trujillo, who will be conducting this important organization for the next five years, which has become in a reference within the worldwide maintenance field due to the great role he has in spreading knowledge, tendencies, techniques and

successful cases that offer value to the professional development of Maintenance Engineer lovers.

In order to have a better idea about this important institution, Predictiva21 has the pleasure to have this tenacious engineer with us once more. Despite being a Lubrication specialist, he has been seduced by Maintenance, and here we have some of his thoughts on this new stage of professional service

The biggest challenge for me is the study of the Pan American Maintenance Indicators as a comparative ground that the industry requires for identifying its actual status and to develop projects for its improvement

1. How did you receive the news of your nomination as President of the Pan American Committee of Engineering and Maintenance (COPIMAN)?

With great enthusiasm. Ever since 2015, at the World Maintenance Congress in Colombia, when I was notified about the decision. But then, as the date of changing COPIMAN from Costa Rica to Mexico, it got more intense. I have to admit I am not very good at hiding my emotions, so during my speech I had to stop to breathe, regain my voice and my self-control. What I feel for having the privilege of serving our community from this position is indescribable.

2. What are the new challenges that you will face as president of COPIMAN, and how will you captivate the new generations of engineers so they can participate actively in the activities from this organization?

I think COPIMAN has achieved many things since its foundation. From the 15 UPADI technical committees, COPIMAN is the most active of them all. During the year, a number of 375 activities were held or supported by COPIMAN. The challenge to keep up with that is remarkable by itself. Thus, the first thing is to keep that rhythm going. Personally, I think that an organization like COPIMAN can and must contribute much more to the Pan American engineering and to our countries to make them more competitive and safe.

For starters, we have to build an organization where anyone can participate and contribute, also promptly develop activities in which we can share our experiences, knowledge, opening the door to research and new projects.

Indeed, they are called to incorporate as the

new generations. At UPADI, there is a committee of young professionals with a renewed vision which we have to take in consideration, and that we so much need. By the way, I received a message from my mentor Lourival Tavares, who makes a series of contributions related to the incorporation of the most dynamic Universities and Post-graduate studies to COPIMAN.

One of the biggest challenges that COPIMAN has is the lack of resources. As an organization without legal responsibility, it has no resources, not even a checkbook. Everything COPIMAN does must be done with volunteer work and occasional donations.

3. Which is the new vision you want to give COPIMAN within this new leadership? Can you name any specific goals?

We want everyone to participate. Best results are achieved when those who belong to an organization have the possibility of contributing and sharing their knowledge and skills. Imagine the amount of knowledge there is among the thousands of maintenance engineer practitioners. So much experience, so many successfully solved cases and so many things to share! So, in order to get advantage of all this, we will open the COPIMAN memberships to all professionals, teachers and students. A membership at no cost that will allow building a Pan American database sustained on the profiles developed by people, including subspecialties, experience and needs. Memberships enable the second stage of this project, which consists on having webinars. The plan includes 52 webinars per year (one per week). After only a week of launching the idea to the COPIMAN delegates and talking to some of the colleagues, we already have proposals for 30 weeks.



This is the period when a more significant growth in the number of activities has been achieved. I want to share COPIMAN'S vision and mission:

Mission – To promote the advance of technology, the spread of knowledge, strategies and development of professionals within the asset management, reliability and maintenance engineering in the American continent, through a human approach and a respectful attitude towards the environment.

Vision – To be the leading institution for asset management professionals and a link between the industry and universities to improve competitiveness in the region.

4. As president and active member of the committee, could you make a brief summary of the advances of COPIMAN since its foundation?

In 2016, COPIMAN arrived to 30 years of service as Technical Committee of UPADI. Lourival Tavares (Brasil) is acknowledged as the person who really gave life and impulse to this activity. It was him who invited me several times to contribute to COPIMAN, sharing his love for volunteer work. Santiago Sotuyo (Uruguay) assumed the presidency to continue with the legacy of Lourival Tavares and managed not only to sustain its growth but also increase the spreading of COPIMAN's mission and vision. The last venue corresponded to Costa Rica under the lead of Julio Carvajal.

5. Which are the next activities planned by COPIMAN?

We have a formal calendar of activities. In August, congresses in Colombia; for September, in Mexico; for October, in Peru; Uruguay and Puerto Rico in November. Additionally, we hope to start with the webinars soon.

6. Which attributes should a maintenance engineer have to become president of COPIMAN?

A love for volunteer work and a vocation for service. It sounds easy, but few people in our profession have a lot of free time. I don't have much free time myself, but I program my activities in order to assign time to my various volunteer activities. Besides COPIMAN, I have responsibilities with ISO, SMRP, ICML, AMGA and UMAI. I also have a family, Friends and a professional life. To be in COPIMAN, you don't have to be an expert in maintenance and reliability, but you do have to understand the extension of this discipline. I am an expert in lubrication analysis and that is not a limitation. I think empathy, leadership, and being surrounded

by people with your same dreams and ideas will help, too. The presidency of COPIMAN does not reside in one person, but in a group of minds with the hope of leaving a legacy behind.

7. What projects do you wish to organize as President of COPIMAN?

The biggest project I want to assume from this position is the Pan American maintenance indicators. I believe that COPIMAN is the ideal place from which to retake this idea that has been going on since the time of Lourival Tavares but unfortunately hasn't been achieved. This is the comparison ground that the industry requires to identify its current status and develop improvement projects. Additionally, we want to continue with the work of integrating masters, diplomates and specialties throughout the universities of the continent.

8. What do you think is the perception of the maintenance professionals on what COPIMAN represents for their community?

I guess few of them know about its extension, vision and mission, but they do understand COPIMAN is a Pan American engineering organization. It is our job to communicate with them better and achieve the Mission through the activities we have previously planned.

9. What are the topics that COPIMAN will cover for the next events?

We need to keep reinforcing those elements that support our societies and, from there, build the technical competence required for our profession. For this, we have to stand for the message in favor of ethics and values, respect for intellectual property, eradication of corruption, environmental awareness and

fulfillment of our social responsibilities. Within the professional field, we have to work with the energy saving contribution (ISO 50001), improvement of safety related to maintenance, the Internet Of Things (IOT) applied to maintenance, the data analysis to manage machines (Big Data), incorporation of maintenance in the asset management (ISO 55000) and, of course, the certification of technical competence of people.

10. Finally, what would be the message for the maintenance community and the new generations incorporating in the work field?

Keep studying. With the technology and systems in constant evolution, knowledge becomes obsolete very fast. Form groups, participate in congresses, integrate for better learning, take advantage of the community experience and build a more and more prepared association. Dedicate time to volunteer activities: you can't imagine how gratifying it can be. There is no greater satisfaction but to see how much you can contribute to the growth of our profession.

To know more about engineer Gerardo Trujillo's work, follow him on the social network as:

<https://mx.linkedin.com/in/gerardotrujillomexico>
<https://twitter.com/gtlubcoach>

Maite Aguirrezabala / Predictiva21
Photos: Courtesy
Translation: Richard Skinner



Estrategias metacognitivas para el análisis de falla en la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento Mecánico de la UNERMB.

INTRODUCCIÓN

La historia del mantenimiento, como parte estructural de las empresas, data desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios. Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales del mantenimiento para sostener las máquinas desde el principio del siglo XX, en los Estados Unidos, donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo (Gutiérrez, 2011).

Conforme la industria fue evolucionando, debido a las exigencias del público de mayores volúmenes, diversidad y calidad de productos, las máquinas fueron cada vez más complejas por lo que su importancia aumentó en el sistema productivo. De esta forma nació, el concepto de mantenimiento preventivo, el cual en la década de los años veinte (20), se aceptó prácticamente como una tarea que, aunque costosa, resultaba necesaria.

Aproximadamente, en las tres últimas décadas por los avances tecnológicos, organizacionales, económicos, sociales y humanos surgen una gran cantidad de industrias en el que el factor competitivo y la calidad de los productos toma un gran auge, para de esta manera generar

mayores estados de ganancias, donde las tareas de mantenimiento evolucionaron de un centro de costos a un sistema integral de la competitividad de las empresas (Zambrano, 2005).

Estos avances de las tareas mantenimiento permitieron el desarrollo de los estudios en el área de confiabilidad de equipos con el fin que éstos trabajen en condiciones de operación a mayor tiempo posible. Al respecto Zambrano (2005; 129) define la confiabilidad como “la probabilidad de que un objeto o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el tiempo medio entre falla, es decir son lapsos de tiempos entre una falla y otra”.

Es decir, los estudios de confiabilidad se encargan de detectar las fallas de los equipos, si bien empiezan, ya sea por no haber recibido mantenimiento, por hechos fortuitos o por demasiado tiempo de uso, sin embargo este análisis resultaría limitado, si consideramos que en las tareas de mantenimiento interviene el hombre produciéndose interacciones con el componente mecánico que influye en el funcionamiento de los equipos y sistemas. Debido al alto nivel tecnológico de

automatización, es el personal encargado del equipo quien mantiene funciones de control, vigilancia, recuperación y por supuesto funciones de mantenimiento.

Durante mucho tiempo los estudios de confiabilidad se centraron en el análisis de fallas de los componentes, quedando en un segundo plano los relacionados con la parte humana, sin embargo en la actualidad evitar o reducir los errores humanos constituye uno de los mayores desafíos de la industria, esto se debe entre otras razones a la creciente preocupación por la contribución en los numerosos incidentes y accidentes que han provocado (Mosquera, 2001).

El análisis de fallas de un sistema conlleva aplicar destrezas de tipo cognitivas tanto para las mecánicas como las humanas y una estrategia de avanzada es la metacognición, Burón (2006), la define como una palabra formada por "meta" que significa "más allá" y cognición que viene a connotar "conocimiento", lo que significa el conocimiento autorregulado sobre los procesos cognitivos que posee el individuo.

Los estudios de metacognición han avanzado no solo en el ámbito de la educación, sino también en la toma de decisiones y en las resoluciones de problemas en el trabajo, ya sea individual o grupal. Las estrategias metacognitivas según Burón (2006) son modos de aprender más y mejor con menor esfuerzo, donde el objetivo principal es descubrir formas de estudiar que mejoren el rendimiento y eviten el fracaso.

Sin embargo, mediante pruebas diagnósticas realizadas a los estudiantes de la unidad curricular optimización del mantenimiento, se han detectado deficiencias para resolver efectivamente los problemas planteados entre los que se pueden citar: distracción, deficiencias para utilizar estrategias acordes con la información suministrada, falta de dominio del conocimiento previo para realizar los análisis de

falla adecuados y esto se refleja en el bajo rendimiento y repitencia de la asignatura.

Es por esto que, existe el interés de esta investigación en conocer las estrategias metacognitivas que se utilizarían en el análisis de fallas con el fin de desarrollar estrategias donde se mejore el rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería de Mantenimiento Mecánico de la UNERMB.

ANÁLISIS DE FALLAS

Todo equipo es proyectado según una función básica que realizan, normalmente el desempeño de un equipo puede ser clasificado como desempeño inherente, es decir lo que el equipo es capaz de proporcionar. El mantenimiento es capaz de restablecer el desempeño inherente del equipo, si este no es el deseado, se reduce la expectativa o se introducen modificaciones. Cuando un equipo no presenta la función prevista, se usa el término falla para identificar esa situación. Esta puede representar: interrupción de la producción; operación en régimen inestable; caída de la cantidad producida; afectación o pérdida de la calidad del producto y/o pérdida de la función de mando o protección.

Según Mc Kenna (1997:45) citado por Villarroel (2014) el análisis de falla se define como "la recopilación, análisis, revisión y clasificación de las fallas para determinar tendencias e identificar su bajo rendimiento de partes y componentes de un sistema", sin embargo Bernasconi (2010) amplía el concepto de Mc Kenna y define el análisis de falla como una actividad destinada a descubrir y eliminar la causa raíz de la misma y subraya que es una tarea compleja que requiere varias etapas, agentes y metodologías.

Es por lo tanto indispensable definir que es una falla, según la norma COVENIN 3049 (1993:4) define la falla "como un evento no previsible, inherente a los sistemas productivos que impide que estos cumplan función bajo condiciones establecidas o que no la cumplan".

Su tratamiento es sin duda el objetivo principal de la función mantenimiento, ya que en todo momento se exige su eliminación, pero en la actualidad se pretende su minimización.

PDVSA CIED (1997) citado por Villarroel (2014) amplía el concepto de análisis de falla y lo define como “un proceso de sucesivas acciones de integración y desintegración de eventos, en el cual se aplican razonamientos cuantitativos y lógicos logrando determinar a cabalidad el qué, cómo, y el por qué ocurrió la falla”.

Un análisis de falla empieza con una visión amplia, considerando todos los componentes (integración) para explorar posibilidades y luego concentrarse en algunas de ellas (desintegración) y estudiar cualitativamente y cuantitativamente y así sucesivamente hasta lograr los objetivos específicos del estudio.

EL SISTEMA HOMBRE – MÁQUINA

Según Mosquera (2001) el término hombre máquina se utiliza para destacar la participación del hombre como parte integrante del sistema tecnológico, es decir, es el conjunto de medios técnicos, su entorno y el hombre formando una unidad de funcionamiento. Las interacciones que se producen entre los componentes mecánico y humano dentro de un sistema son

de interés para el análisis de falla de un sistema.

En la figura No. 01 se observa una representación esquemática del sistema hombre – máquina. Los puntos de interacción entre los componente mecánico y humano dentro del sistema se denominan interfases hombre – máquina. Ejemplos de estos son los displays, los teclados y controles o cualquier elemento que el individuo observa o utiliza en su interacción con la máquina.

Al producirse una señal del sistema el operador (componente humano) la detecta, procesa e interpreta la información recibida, adopta una decisión y la ejecuta, actuando sobre los dispositivos del sistema, es decir, las interfaces. Esa acción tendrá un efecto sobre el equipo que se reflejara nuevamente a través de una señal retroalimentando así al operador sobre el resultado de su actuación.

Como puede verse, el funcionamiento del sistema es el resultado de un proceso interactivo y continuo entre el componente humano y mecánico. La confiabilidad de los equipos se ocupa de los elementos de la parte inferior de figura 1 y la confiabilidad humana es la que ocupa de la parte superior.

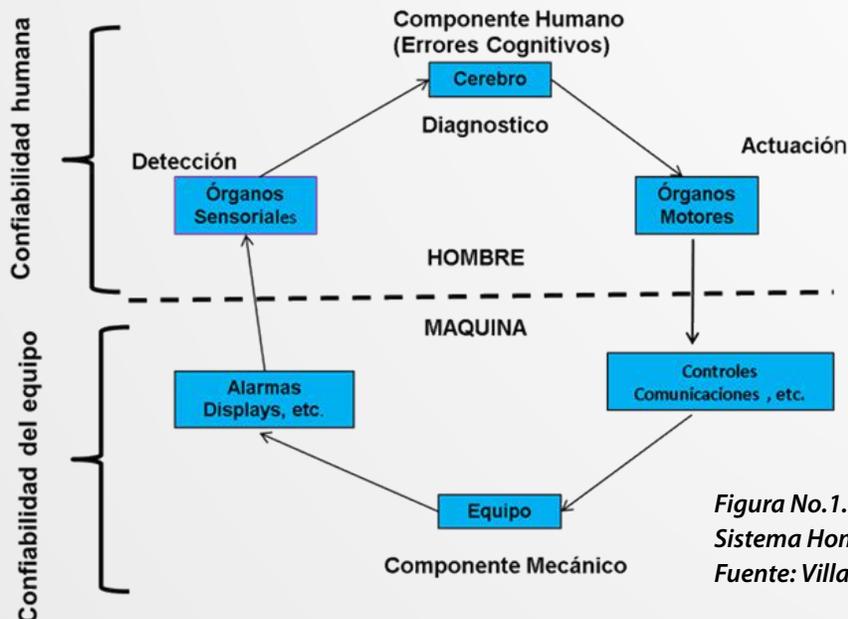


Figura No.1. Sistema Hombre – Máquina. Fuente: Villarroel (2014).

Analizando la parte inferior se puede decir que la confiabilidad de un equipo según Creus (2005:28) “es la probabilidad que un aparato o dispositivo o una persona desarrolle una determinada función bajo condiciones fijadas durante un periodo de tiempo determinado”, el parámetro que identifica la confiabilidad es el Tiempo Promedio Entre Falla, la confiabilidad por lo tanto trata sobre el estudio de las fallas.

Los sistemas creados por el hombre tienen por objeto satisfacer una determinada necesidad. Para ello, deben funcionar en un entorno específico. Antes o después, todos los sistemas llegan a un instante en el que no pueden cumplir satisfactoriamente aquello para lo que fueron diseñados y se produce una falla, de allí la importancia del análisis de falla de los equipos.

HERRAMIENTAS PARA REALIZAR ANÁLISIS DE FALLA EN COMPONENTES MECÁNICOS

En el análisis de falla existen muchas herramientas que se utilizan para su desarrollo de acuerdo a su respectivo propósito e impacto, sin embargo, en esta investigación se tratarán solamente las dos que son más utilizadas y conocidas, que se describen a continuación.

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

Según Gutiérrez (2011) define el diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa, como una herramienta que ubica y esquematiza todas las causas potenciales que generan la falla o el defecto en el servicio de mantenimiento o de producción. Para posteriormente establecer planes para el control y eliminación. Su utilización es práctica, sencilla, grupal y muy aplicada en todo el mundo.

El diagrama causa-efecto es una gráfica en la cual, en el lado derecho, se denota el problema y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican por escrito de acuerdo con sus similitudes en causas y subcausas. Por ejemplo, una clasificación típica de las causas

potenciales de los problemas de manufactura son los de los mano de obra, materiales, métodos de trabajo, maquinaria, medición y medio ambiente, con lo que el diagrama causa-efecto tiene una forma semejante a una espina de pescado, como se puede apreciar en la figura 2.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)

Según PDVSA – CIED (1999) citado por Villarroel (2014) define el análisis de modos y efectos de fallas AMEF como una herramienta de análisis para evaluar las fallas, examinando los modos esperados para encontrar efectos en el equipo o sistemas de manera que el problema pueda ser eliminado.

Para Gutiérrez (2011) el propósito del análisis de los efectos, los modos y las causas de las fallas es conocer completamente el equipo, mediante la identificación de los sistemas y los componentes que lo conforman, el diseño, los procesos, los elementos y los materiales de fabricación, los ensambles y los subensambles parciales. El AMEF contempla cuatro principios básicos:

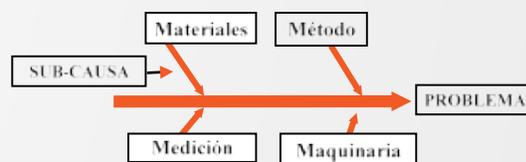


Figura 2. Diagrama gráfico de Causa – Efecto.
Fuente: Villarroel (2008)

- Definir los requerimientos y estándares en su contexto operacional del sistema o equipos. (Función del sistema).
- Especificar la manera en que el sistema o equipo puede dejar de satisfacer los requerimientos y estándares de operación. (Falla Funcional del sistema).
- Identificar las causas que generan la pérdida de la función del sistema o equipo. (Modo de falla).
- Identificar los efectos de cada falla (modo de falla) que se genera cuando esta se presenta. (Efectos de la falla).

FALLA HUMANA O ERROR HUMANO

Mosquera (2001) señala que durante mucho tiempo los estudios de confiabilidad de los sistemas tecnológicos centraron su atención básicamente en la confiabilidad de los equipos, quedando a un segundo plano los problemas de la influencia humana. Sin embargo en la actualidad evitar o reducir el error humano y controlar su incidencia constituye uno de los mayores desafíos para la industria. Esto se debe, entre otras razones, a la creciente preocupación por la contribución que sigue teniendo el error humano en las causas de numerosos incidentes y accidentes que han provocado en diferentes industrias lamentablemente pérdidas humanas, daños económicos o efectos sobre el medio ambiente, el estudio de las fallas humanas lo define la ingeniería de mantenimiento como la confiabilidad humana.

Según Creus (2005:214) “el termino error humano se presenta cuando el comportamiento humano o su influencia sobre el sistema excede el límite de aceptabilidad, es decir, cuando realiza acciones incorrectas. El límite de aceptabilidad, es decir, los límites a que debe ajustarse la actuación humana, los define el sistema sobre el cual actúa.

PROCESO DE RENDIMIENTO HUMANO

Con el fin de definir los procesos cognitivos implicados en el error humano, Fotta y otros (2005) resaltan que es necesario detallar el proceso del rendimiento humano, cómo un operador puede en un medio ambiente producir una variedad de fallas tal como se puede apreciar en la Figura No. 3.

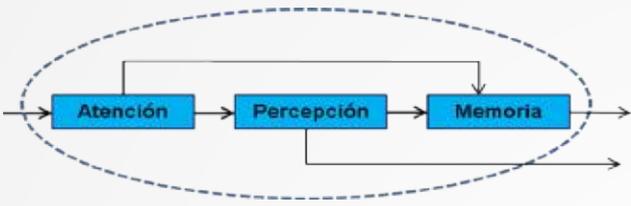


Figura No.3. Componente Atención - Percepción - Memoria. Fuente: Fotta (2005).

El proceso se inicia con la flecha a la izquierda de los componentes Atención - Percepción - Memoria (APM), esto representa un intento consciente para atender a la situación que se tienen, por ejemplo, una pantalla de cabina de avión. El operador hace una evaluación general de la situación a través de la decisión de entender el problema. La información actual proveniente de los componentes APM y el conocimiento del operador se utiliza para tomar una decisión tal como se muestra en la Figura No.4.

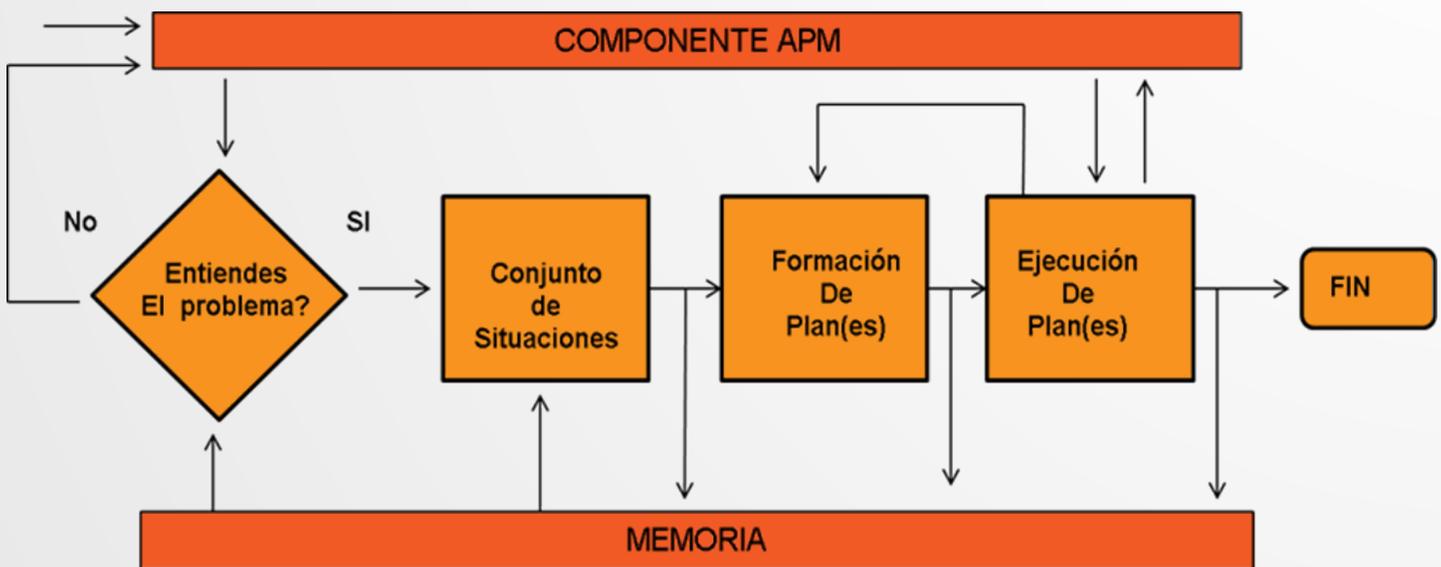


Figura No.04. Diagrama de Proceso del Rendimiento Humano. Fuente: Fotta (2005)

Si hay suficiente información para establecer el proceso, este fluye a un conjunto de situaciones. Si no, el operador buscará más información con la APM y directamente desde su memoria. Es evidente que hay una restricción de tiempo, pero no se toma en cuenta en este análisis. Cuando el proceso se ejecuta, el operador construye una representación interna de la situación, esta se almacena en la memoria, se retroalimenta y actualiza el resto de la función del proceso.

Con el fin de establecer la situación o situaciones, el operador recupera la información en acciones similares pasadas de la memoria y compara esta con la situación percibida. Si la anterior no es parecida se compara con otras que se utilizan para inferir. Estas son almacenadas en la memoria. El operador debe entonces formular un plan para cada situación, los planes se forman sobre esquemas u otro conocimiento actual, y este es almacenado en la memoria, finalmente el operador debe ejecutarlo.

MODELO TEÓRICO COGNITIVO PARA EL ANÁLISIS DEL ERROR HUMANO

Los modelos teóricos para el análisis del error humano han sufrido una evolución a lo largo del tiempo, debido a estas circunstancias las

teorías que analizan los errores humanos se clasifican en dos grandes grupos, las teorías de la primera generación que abarcan desde los años 80 y los de la segunda generación que van desde los años 90 hasta hoy. Para el objetivo de esta investigación se hará hincapié en los modelos de la segunda generación específicamente el modelo de confiabilidad cognitiva y el método de análisis del error desarrollado por Erick Hollnagell (2005)

MODELO CONFIABILIDAD COGNITIVA Y MÉTODO DE ANÁLISIS DEL ERROR. (CREAM)

El modelo de Confiabilidad Cognitiva y Método del análisis del Error (Cognitive Reliability and Error Analysis Method, CREAM por sus siglas en Inglés) es una técnica de confiabilidad humana desarrollada por Erik Hollnagel (2005). Se trata de un método de análisis bidireccional, destinado a ser utilizada para la predicción tanto del rendimiento como para el análisis de fallas. A diferencia de otros modelos este representa una herramienta de segunda generación que permite un mejor análisis por el abandono de la estructura jerárquica para el análisis.

El CREAM utiliza un marco cognitivo de ayuda que puede utilizarse tanto para el análisis

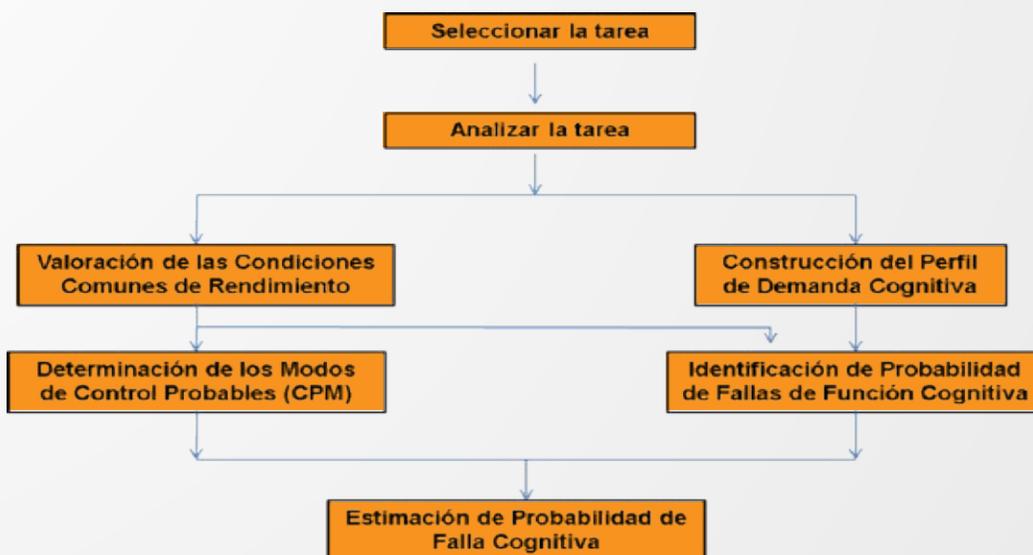


Figura 05. Método de análisis del CREAM. Fuente: Hollnagell (2005).

prospectivo como retrospectivo. El primero permite identificar los errores humanos, mientras que el segundo cuantifica los que ya han ocurrido tal como se aprecia en la figura 5. El concepto de cognición incluye en el modelo el uso de los cuatros modos de control básicos que identifican a los diferentes niveles que un operador tiene en un determinado contexto y las características que colocan de relieve la existencia de condiciones distintas.

El control es necesario para organizar las acciones dentro del horizonte de tiempo de la persona. El control eficaz es prácticamente sinónimo con la habilidad de planear acciones futuras. Su nivel es influenciado por el contexto cuando la persona experimenta por conocimiento o experiencia de dependencias entre acciones (pre-condición, dependencias de los objetivos-medios), y por expectativas sobre cómo la situación va a desarrollarse, en particular sobre como los recursos están y estarán disponibles a la persona. El modelo del CREAM utiliza una técnica llamada esquema de clasificación que consiste en un grupo que describen los fenotipos (efectos) y los genotipos (causas) de las acciones erróneas. El esquema de clasificación del CREAM es utilizado tanto para analizar y predecir las acciones erróneas que potencialmente podrían ocurrir.

GENOTIPOS RELACIONADOS CON PERSONAS

Según Hollganell (2005) los genotipos (causas) relacionados con la persona son las funciones cognitivas específicas, rasgo fundamental de la cognición humana que esta encubierta, es decir, que no pueden ser observadas. Para propósito del análisis de las acciones erróneas, es altamente deseable identificar las funciones cognitivas que se pueden utilizar para explicar las acciones observadas.

Las funciones cognitivas que son la base para el pensamiento y la toma de decisiones se pueden clasificar de muchas maneras diferentes. Uno de los más sencillos es el de diferenciar entre el análisis y la síntesis. El análisis se refiere a las

funciones que se invocan cuando una persona trata de determinar cuál es la situación, que por lo general incluyen la observación, identificación, reconocimiento, diagnóstico, etc.

LA OBSERVACIÓN

A este grupo se refiere las consecuencias de las observaciones fallidas. Las cuales tienen que ser observables, es decir son por sí mismo una explicación de un modo de error. En la tabla 1 se describen la consecuencia general y específica para este grupo.

Tabla 1 Categorías Para "Observación"

CONSECUENCIA GENERAL	CONSECUENCIA ESPECIFICA	DEFINICIÓN / EXPLICACIÓN
Observación Perdida	Pasar por alto la búsqueda /señal	Señal o un evento que debería haber sido el comienzo de una acción (secuencia) se pierde.
	Pasar por alto una medición.	Una medida o alguna información se pierde, por lo general durante una secuencia de acciones.
Falsa Observación	Falsa reacción	Una respuesta dada a un estímulo incorrecto o evento, por ejemplo, partir de la unidad cuando la luz cambie a rojo.
	Falso reconocimiento	Un evento o alguna información es incorrectamente reconocida o confundirse con otra cosa.
Identificación Equivocada	señal equivocada	Una señal o indicación mal entendida con algo más. La diferencia entre la "falsa reacción" es que inmediatamente conduce a una acción.
	Identificación parcial	Identificación de un evento o alguna información incompleta, por ejemplo saltar una conclusión.
	Identificación incorrecta	Identificación de un evento o alguna información incorrecta. La diferencia entre "falso reconocimiento" es que la identificación es un proceso deliberado.

Fuente: Hollganell (2005)

LA INTERPRETACIÓN

Este término se utiliza comúnmente para el entendimiento, diagnóstico y evaluación. Este grupo de procesos cognitivos que tienen que ver con el desglose más detallado de la información observada. En la tabla 2 se muestran las categorías de análisis para este grupo donde se incluye la consecuencia general y específica.

Tabla 2. Categorías para Interpretar

CONSECUENCIA GENERAL	CONSECUENCIA ESPECIFICA	DEFINICIÓN / EXPLICACIÓN
Diagnostico Fallido	Diagnóstico equivocado	Diagnóstico de una situación o estado del sistema incorrecto.
	Diagnostico incompleto	Diagnóstico de una situación o estado del sistema incompleto.
Razonamiento equivocado	Error de inducción	Razonamiento equivocado que implica inferencias o generalizaciones (de lo específico a lo general), dando lugar a resultados no válidos.
	Error de deducción	Razonamiento equivocado que implica deducción (de lo general a lo específicos), que conduce a resultados no válidos.
	Prioridades equivocadas	La selección de alternativas (hipótesis, explicaciones, interpretaciones), utilizando criterios incorrectos, conducen a resultados no válidos
Errores de Decisión	Parálisis de decisión	Incapacidad para tomar una decisión en una situación
	Decisión equivocada	Tomar una decisión equivocada (por lo general entre las alternativas de acción).
	Decisión parcial	Tomar una decisión que no se especifica completamente lo que se debe hacer, es decir crea una necesidad de tomar otras decisiones para completar el curso de acción.
Interpretación Retardada	Sin Identificar	Una identificación no se realiza en el tiempo (por las medidas adecuadas para tener).
	Aumento del tiempo presión	Identificación de una situación que no se hace lo suficientemente rápido. Por ejemplo, debido a que el razonamiento es difícil, lo que lleva a una presión de tiempo.
Predicción Incorrecta	Cambio inesperado de estado	Un cambio de estado ocurrido que no se había previsto.
	Efectos inesperados	Un evento principal desarrollado como se esperaba, pero con algunos efectos secundarios que se pasaron por alto.
	Velocidad del proceso sin juicio	La velocidad de desarrollo (del sistema) ha sido juzgada equivocadamente, por lo que las cosas suceden demasiado lentos o demasiado rápidos.

Fuente: Hollganell (2005)

LA PLANIFICACIÓN

Este grupo incluye todas las funciones que tienen que ver con el establecimiento de todo curso de acción detallada, es decir, la elección y la programación. En el esquema de clasificación la decisión o elección ha sido incluido en el grupo de análisis. En la tabla 3 se puede apreciar las consecuencia general y específica para este grupo.

FUNCIONES RELACIONADAS CON PERSONAS EN GENERAL

Además de las funciones cognitivas específicas, los genotipos relacionados con la persona también incluyen dos grupos llamados temporales y transitorios, respectivamente. Funciones generales relacionadas con una persona no están directamente vinculadas a una función cognitiva específica en el sentido explícitamente sino que se refieren a las características que las personas tienen sobre su desempeño.

En este grupo no incluyen las categorías que se refieren a la constitución fisiológica o características antropométricas de la población. Es útil hacer una distinción entre las funciones relacionadas con la persona temporal y las permanentes. Las funciones relacionadas con la persona temporal que se puede apreciar en la Tabla 4 sólo tienen una duración limitada y pueden, en cambio variar durante un evento o tarea.

Tabla 3. Categorías para planificación.

CONSECUENCIA GENERAL	CONSECUENCIA ESPECIFICA	DEFINICIÓN / EXPLICACIÓN
Plan Inadecuado	Plan incompleto	El plan no está completo, es decir, que no contiene todos los detalles necesarios cuando se lleva a cabo. Esto puede tener graves consecuencias posteriores en el tiempo.
	Plan equivocado	El plan está equivocado, en el sentido de que no logrará su propósito.
Error de prioridad	objetivo seleccionado equivocado	El objetivo ha sido mal seleccionado, y el plan por lo tanto, no es eficaz.

Fuente: Hollganell (2005)

Las funciones relacionadas con la persona permanente están presentes en todas las situaciones, por lo tanto, ejercen una influencia constante. En algunos casos puede pertenecer a cualquiera de los grupos en función de cuando es perdurable pero no puede, obviamente, pertenecer a ambos grupos al mismo tiempo.

Por ejemplo los problemas de memoria, puede ser temporales o permanentes, en esquema de clasificación se considera como perteneciente a una causa temporal. Si se hacen permanentes podrían expresarse como un estilo cognitivo, ya que presumiblemente el operador aprender a lidiar con ellos mediante la adopción de una adecuada estrategia.

Bajo estas circunstancias expuestas emerge la actividad metacognitiva como aspecto importante en el funcionamiento cognoscitivo, porque le va permitir seleccionar estrategias adecuadas al tipo de información que se presenta. Así se toma la actividad de realizar un análisis de falla como una conjunción reflexiva

de estrategias propias de este tipo de actividad, que son posible desplegar y poner en funcionamiento al realizarla. Los fenómenos metacognitivos como objeto de los procesos mentales y las actividades que lo atañen, permite hablar de la operatividad de las estrategias metacognitivas como; la meta-memoria, la meta-atención, la meta-comprensión, la meta-lectura y la meta-escritura

METACOGNICIÓN

Según Burón (2006) la palabra metacognición, está compuesto de "meta" que significa "más allá" y la palabra cognición viene a connotar el "conocimiento", lo que significa el conocimiento autorregulado sobre los procesos cognitivos que posee el individuo. De igual manera, Domenech (2004, p.54), define la metacognición como "la capacidad de conocer el propio conocimiento, de pensar, reflexionar sobre cómo reaccionaremos o hemos reaccionado ante un problema o tarea".

Tabla 4. Categorías para funciones relacionadas con la persona temporal.

Consecuencia General	Consecuencia Específica	Definición / Explicación
Falla de Memoria	Olvido	Un elemento o información que no se puede recuperar cuando es necesario.
	Recuerdo incorrecto	Información recordada incorrecta (por ejemplo, el nombre equivocado de algo).
	Recuerdo incompleto	Información que sólo se recuerda en parte, es decir, parte de la información no se encuentra disponible
Miedo	Acciones aleatorias	Las acciones no parecen seguir ningún plan o principio, sino por de ensayo y error.
	Acción Congelada	La persona está paralizado, es decir, incapaz de moverse o actuar.
Distracción	Tarea suspendida	La realización de una tarea se ha suspendido porque la atención de la persona fue atraída por otra cosa.
	Tarea no completada	La realización de una tarea no se completa debido a un cambio en la atención.
	Objetivo olvidado	La persona no puede recordar por qué está haciendo algo. Esto puede provocar una repetición de los pasos anteriores.
	Perdida de orientación	La persona no puede recordar o pensar qué hacer a continuación o lo que sucedió antes.
Fatiga	Respuesta Retrasada	Velocidad de respuesta de la persona (física o mentalmente) es reducida debido a la fatiga.
Rendimiento Variable	Falta de precisión	Menor precisión de las acciones, por ejemplo, para llegar a un valor objetivo.
	Incremento a menos	Un número creciente de acciones no conseguir su propósito.
Desatención	Señal perdida	Señal o evento perdido debido a la falta de atención. Es similar a la "observación perdida", con la diferencia que es visto como un evento aleatorio o algo que se puede explicar por una función cognitiva.
Estrés Fisiológico	Muchos efectos específicos	Condición general causada por el estrés fisiológico. Esto puede tener muchos efectos específicos.
Estrés Psicológico	Muchos efectos específicos	Una condición general causada por estrés psicológico. Esto puede tener muchos efectos específicos.

Fuente: Hollganell (2005)

Esta definición puede interpretarse como la reflexión interior del individuo sobre sus propias acciones: y, lo más importante, esa capacidad de reconocer sus fortalezas y debilidades. En otras palabras, la metacognición tiene que ver con esa capacidad crítica, analítica, reflexiva del cómo lo hace, por qué y los para qué de toda actividad que emprenda la persona, es llegar a detenerse a pensar sobre la calidad de sus propios procesos cognitivos en función de mejorar la participación ante cualquier contexto. Burón (2006) distingue las siguientes tipos de estrategias metacognitivas:

META-ATENCIÓN

Según Buron (2006) la meta-atención es el conocimiento de los procesos implicados en la acción de atender: a qué hay que atender, qué hay que hacer mentalmente para atender. Lo que significa el reconocimiento hacia las debilidades del individuo permitiéndole darse cuenta de las distracciones, considerando los correctivos necesarios para dar soluciones pertinentes a esta acción.

Valles (2002) sugiere que al realizar una estrategia meta-atencional se debe tener en cuenta: La naturaleza de la tarea de aprendizaje, ello exige la formulación de interrogantes acerca de las demandas e instrucciones de la tarea como: ¿Qué debo hacer?, ¿Qué tipo de actividad es? ¿Qué se pide? Leer, escribir, asociar, recordar, comparar entre otras.

La estrategia atencional supone tener en cuenta las posibles herramientas de aprendizaje en las que el estudiante posee suficiente competencia y seleccionar las que se adecúen a la naturaleza de la actividad a realizar: comparar por pares, leer despacio, focalizar, rastrear por regiones espaciales entre otras.

Burón (2006) señala que para practicar eficaz y adecuadamente los procesos atencionales es preciso que el sujeto 1) se dé cuenta de lo que sabe y de lo que no sabe todavía; 2) sea consciente de lo que exige la tarea para atender que es lo relevante y recordarlo; 3) establezca

una jerarquía, según la importancia, de los distintos elementos del texto o tarea para que pueda fijarse más en lo importante; 4) posea estrategias cognitivas para distribuir el esfuerzo y la atención según la importancia de los datos informativos.

Al realizar un análisis de falla es importante seleccionar las causas más probables de las menos probables de un problema, es decir un operador debe ser selectivo atender a lo que es importante, es decir saber discriminar.

META-COMPRESIÓN

Según Burón (2006) la meta-compresión implica conocer hasta qué punto se comprende algo, como se logra la comprensión y como se evalúa o juzga la comprensión alcanzada. En efecto, siempre que se alcanza comprender una información parecen darse procesos similares, la gente suele sorprender cuando se le ayuda a caer en cuenta de la medida, ya que para comprender recurren a conocimientos previamente adquiridos.

En este sentido, se considera que la comprensión consiste en asimilar, el principio que se esta explicando, descubrir los conceptos básicos, organizar la información y las ideas, para que se transformen en conocimiento. Para realizar un análisis de falla, es necesario describir detenidamente el problema, si es posible emitir una hipótesis intuitiva de la posible de la causa de la falla, analizar detenidamente la causa y finalmente comprobar si los resultados son coherentes y compararlo con la solución o hipótesis intuitiva.

No siempre es posible para el estudiante realizar un análisis de falla de manera clara, sencilla y completa porque apenas tiene una noción general, vaga y confusa del mismo; y es muy probable que cuando se aborda todavía no se tiene una clara comprensión del mismo, pero en la medida en que avanza en su solución, va profundizando y esclareciendo la comprensión del mismo a través del conocimiento de patrones

mediante análisis de rasgo o procedimientos encuentran significado los datos. El proceso elevado a nivel de conciencia del sujeto, le permite detectar dónde está la debilidad de la comprensión del problema y le indica como necesita subsanarla.

META-MEMORIA

Otra faceta metacognitiva según Burón (2006) es la meta-memoria, la cual no solo incluye los conocimientos que se tienen de la propia memoria (capacidad, recursos variables que ayudan y limitan el recuerdo entre otros), sino también las estrategias, es decir; se recuerda cuando se usa y como se hace cuando se utiliza otra.

De acuerdo con lo citado, la memoria es un proceso de almacenamiento y recuperación de la información donde el docente de optimización del mantenimiento, cuando realiza análisis de falla encamina gran parte del desarrollo de la misma para centrar la atención y controlarla durante el proceso de aprendizaje y ejercitar la recuperación de la información almacenada mediante su utilización y aplicación a situaciones concretas.

Según Vallés (2002) La meta-memoria implica procesos de reflexión sobre el propio proceso de memorizar, para ello es necesario observar, registrar, codificar, almacenar y recuperar los contenidos que se aprenden. ¿Cuándo un estudiante se encuentra en condiciones de desarrollar su metamemoria?, cuando ya posee la suficiente habilidad en las estrategias de memorización (técnicas amnésicas) y, además cuando ya cuenta con la experiencia necesaria para ello, lo cual exige, que las haya ejercitado durante un tiempo suficiente. A partir de esos supuestos, el estudiante ya podrá desarrollar las habilidades metacognitivas en el área de la memoria, es decir, podrá aprender las habilidades de planificación, de control y de evaluación del proceso de registro y evocación de los contenidos mnésicos, hará un uso estratégico de dichas habilidades.

META-LECTURA

Según Burón (2006) la meta-lectura es el conjunto de conocimientos que se tienen sobre la lectura y sobre los procesos mentales que deben realizar para leer, que se debe hacer para leer, para que se lee un texto, que exige leer bien, que elementos influyen positiva o negativamente en el proceso de leer y como se controlan.

Por esta razón las estrategias metacognitivas hacen al lector consciente de los factores que lo afectan, de los problemas que puede presentarse al leer y de las estrategias que pueden emplear para resolver problemas como por ejemplo el realizar un análisis de falla. Al considerar la lectura como un proceso, donde la participación del lector es primordial, se trata de indagar sobre las estrategias cognitivas y técnicas que emplea este a medida que lee. Las estrategias que utiliza la persona en la lectura, indican cómo concibe la tarea, a cuales claves conceptuales se presta atención y como tienen significado para lo que lee y concentrarse para saber lo que hace cuando no comprende.

En tal sentido Peralta (2000) dice que cuando una persona se concentra representa el enfoque total de atención, la potencia absoluta de la mente sobre el material que está tratando de aprender. En efecto al concentrarse en un trabajo se debe estar preparado para hacer ese trabajo (lectura); a medida que el lector demuestra mayor concentración en su labor y que mantenga una actitud positiva y de participación hacia el mismo, el resultado será de mejor calidad y excelencia.

META-ESCRITURA

Según Burón (2006) es el conjunto de conocimientos que tenemos sobre la escritura y la regulación de las operaciones implicadas en la comunicación escrita. La escritura es una acción que implica la elección de poner en acción ciertos planes que sirvan para guiar y controlar el pensamiento y la actuación.

Estos planes según Buron (2006) sirven para controlar el orden en que se realiza una secuencia de operaciones; en este caso la ordenación escrita de la información. Se podría decir que el proceso de elaborar un escrito implica realizar un argumento, con el objetivo de comunicar, persuadir o probar algo. De lo expuesto, se debe considerar que la escritura sirve de complemento y de gran valor académico porque refleja lo que el estudiante ha aprendido; además de comunicar ideas o dejar constancia de algo de su personalidad.

Otro aspecto importante de la meta-escritura es la capacidad de resumir un texto, que esta íntimamente unida con la habilidad de comprender. Brown y Day (1983) cita por Buron (2006) afirman que "la capacidad de resumir información es una habilidad básica en el estudio que implica tanto la atención a lo que es importante, eliminando lo secundario.

Este aspecto es de singular importancia para el analista de fallas, que debe tener la destreza de las causas de un problema, jerarquizando las más probables de las menos probables.

METODOLOGÍA UTILIZADA

Este estudio está fundamentado en una investigación descriptiva, según Balestrini (2002) consiste en el uso de un método de análisis, donde se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio.

En esta investigación se describieron las estrategias metacognitivas más adecuadas que deben utilizar los estudiantes de la unidad curricular Optimización del Mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento Mecánico de la UNERMB para realizar análisis de fallas. El presente estudio se puede enmarcar dentro del diseño No Experimental de tipo transaccional, documental y de campo, posee un diseño no experimental, ya que la variable

no es manipulada deliberadamente por el investigador. Por otro lado se cataloga como no experimental de tipo transaccional ya que se recolectan datos en un solo momento, y en un tiempo único.

Por lo anterior, se considera esta investigación como no experimental de tipo transaccional, puesto que la misma no construye ninguna situación, sino que se observaron las situaciones ya existentes con respecto al análisis de fallas en la unidad curricular optimización del mantenimiento, evitando así la manipulación de las mismas.

En este sentido, la población objeto de estudio de esta investigación, está conformada por los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Mecánico del Programa Ingeniería y Tecnología de la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt cursante del la unidad curricular Optimización del Mantenimiento del periodo I-2013.

Para propósito de este estudio se toma una muestra intencional conformada por los 24 estudiantes de la unidad curricular optimización del mantenimiento del Programa Ingeniería y Tecnología del Proyecto Ingeniería en Mantenimiento Mecánico de la UNERMB con sede en Ciudad Ojeda. El investigador utilizó esta muestra bajo los criterios de ser facilitador de la unidad, poseer experiencia en la administración de esta, facilidad de trabajar en la sede con el fin de buscar mayor aproximación al evento, además de ser de gran ayuda y colaboración a la aplicación del instrumento.

Para los efectos del estudio, se realizó un cuestionario codificado como CEMAF (Cuestionario de Estrategias Metacognitivas y Análisis de Fallas) dirigido a estudiantes de la unidad curricular Optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería en Mantenimiento Mecánico de la UNERMB del octavo semestre correspondiente al primer periodo de año 2013. Para validez del cuestionario; se procedió a consultar a tres

expertos en el área y para la confiabilidad se utilizó el coeficiente de alfa de Crombach con un resultado de 0.90.

Para analizar los datos correspondientes al cuestionario se empleará la técnica de análisis frecuencial – porcentual de la estadística descriptiva, calculando las frecuencias (absoluta y relativa) de las observaciones obtenidas para finalmente extraer la media aritmética, categorizando cada uno de los indicadores de las dimensiones asociadas a la variable en el baremo para luego contrastar con los sustentos teóricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos en la medición de las variables análisis de falla y estrategias metacognitivas de la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento de la UNERMB, se obtuvo los siguientes resultados.

Al analizar la dimensión análisis de falla tal como se aprecia en el grafico 1, la dimensión componente mecánico mostró una media de es de un alto promedio según el baremo de investigación. Para la sub-dimensiones diagrama causa efecto con una media con un alto promedio según el baremo de investigación. Con este resultado se puede afirmar que los estudiantes poseen habilidades en identificar las posibles causas que genera un problema, al respecto Gutiérrez (2011) señala que determinar el efecto en el diagrama causa – efecto consiste en proponer una o más causas del origen del problema.

Con respecto a la sub-dimensión Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) se obtuvo como resultado una media con un alto promedio según el baremo de investigación, Estos resultados expresan que la muestra de estudiantes seleccionada posee habilidades en identificar las evidencias que se presentan cuando se ha producido la falla del equipo o sistema. Esto demuestra que el plan de estudio del Proyecto Ingeniería en Mantenimiento

Mecánico (PIMM) se estructuró para realizar análisis de falla básicamente a los componentes mecánico, ya que en los años 90 cuando se ejecuta el PIMM era tendencia dominante en el área de mantenimiento, por esta razón la dimensión componente mecánico y con sus dos sub-dimensiones diagrama causa efecto y Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) poseen un alto promedio según el baremo de investigación, según se puede apreciar en la gráfica 1.

En el grafico 2 se describen los resultados para el análisis de falla de la dimensión componente humano donde se obtuvo un media de con un bajo promedio según el baremo de investigación. Al analizar la sub dimensión observación que obtuvo una media con un bajo promedio según el baremo de investigación, se puede inferir que los estudiantes de la cátedra tiene bajo nivel de habilidades para identificar una falsa observación, identificar equivocadamente una señal, identificarla parcialmente e identificarla incorrectamente.

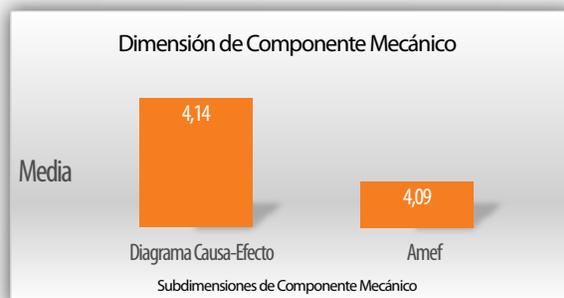


Grafico 1. Dimensión componente mecánico. Sub-dimensiones. Fuente: Villarroel (2014).

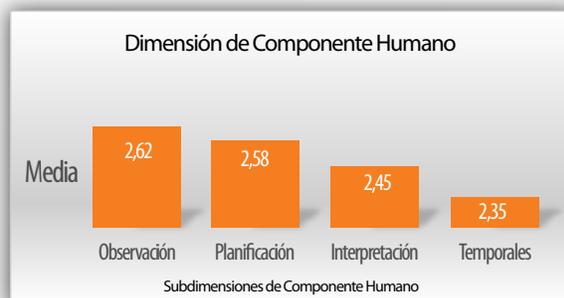


Grafico 2. Dimensión componente humano. Sub-dimensiones. Fuente: Villarroel (2014).

Al respecto señala Hollganell (2005) se incurre en un error humano de falsa observación cuando se tiene una falsa reacción (respuesta dada a un estímulo incorrecto o evento) y falso reconocimiento (un evento incorrectamente reconocido o confundirse con otra cosa), se observa una señal equivocada (Información mal entendida), Identificación parcial (un evento incompleto) y identificación incorrecta (evento o información incorrecta)". Con respecto a la sub-dimensión planificación se obtuvo una media $\bar{X} = 2.58$ de bajo promedio según el baremo de investigación. Este resultado demuestra que la muestra seleccionada posee pocas habilidades para establecer un curso de acción detallado. Hollganell (2005) señala cuando en la planificación el objetivo es mal seleccionado resulta en un plan de acción poco eficaz ante una situación planteada, y esto conlleva a un modo de error humano en el sistema.

Al analizar la sub-dimensión interpretación se obtuvo una media $\bar{X} = 2.45$ de bajo promedio según el baremo de investigación. Estos resultados demuestran que la muestra seleccionada posee bajo nivel de destreza realizar razonamientos de inducción, de deducción. El hecho de que la sub-dimensión interpretación posea un bajo nivel respecto al baremo de investigación es preocupante ya que Hollganell (1998) señala esta categoría es muy importante para el análisis de falla porque es la que utiliza para el entendimiento, diagnóstico y evaluación de los modos de error humano

Con respecto a la sub-dimensión temporal se obtuvo una media $\bar{X} = 2.35$ con un bajo promedio según el baremo de investigación. Estos resultados demuestran que posee bajo nivel de habilidades para manejar la falla de memoria, el miedo y la distracción, al respecto Hollganell (2005) señala que las funciones relacionadas con la persona temporales sólo tienen una duración limitada y pueden variar con la persona, evento o una tarea. Los resultados de la variable análisis de falla se encontraron para la dimensión componente mecánico una media

de $\bar{X} = 4.11$ y para la dimensión componente humano una media de $\bar{X} = 2.5$, según el baremo investigación con alto y bajo promedio respectivamente. Ver gráfico 3.

Esto indica que los estudiantes de la cátedra han estado siendo formados con una baja o escasa formación en el componente humano, esto es preocupante ya como señala Mosquera (2001: 189) "existe una creciente preocupación por la contribución que siguen teniendo el error humano en las causas de numerosos incidentes y accidentes que han provocado en diferentes industrias lamentables pérdidas humanas, daños económicos o efectos sobre el medio ambiente". Esta situación se presenta básicamente porque es urgente la actualización del Proyecto de Ingeniería Mantenimiento Mecánico, para adaptarlo a los nuevos cambios científicos y tecnológicos en el área de mantenimiento.

Al describir las estrategias metacognitivas, los resultados de todas las dimensiones se puede apreciar en el gráfico no. 4. Para la sub-dimensión meta-atención con una media $\bar{X} = 3.67$ lo que reflejó un alto promedio en el baremo de investigación. Estos resultados reflejan que la muestra seleccionada posee suficiente competencia para seleccionar las causas más probables de una falla de las menos probables. Esto confirma lo que Burón (2006) señala que la meta-atención es desarrollar la capacidad de atender selectivamente para comprender y memorizar lo esencial; es decir, definir los distintos niveles de importancia y dificultad de los numerosos datos informativos presentes en una tarea.

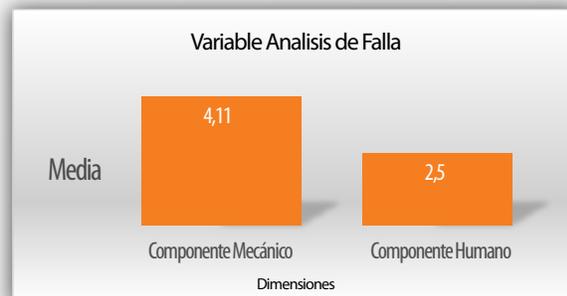


Gráfico 3. Variable análisis de fallas. Dimensiones componente mecánico y humano. Fuente: Villarroel (2014)

En cuanto a la sub-dimensión meta-memoria se obtuvo una media $\bar{X} = 3.68$ con un alto promedio en el baremo de investigación. Queda evidenciado que los estudiantes de la cátedra poseen suficientes competencias para asociar las tareas anteriores con las nuevas; es decir, relacionar eventos similares de causas de falla de eventos anteriores.

Al respecto Burón (2006) señaló cuando usamos una asociación concreta y advertimos que nos ayuda a recordar, el conocimiento y recuerdo de esta, nos sirve para tomar iniciativa de volver a usarla en otra ocasión análoga

Para la sub-dimensión meta-compresión se obtuvo una media $\bar{X} = 4.01$ con un alto promedio en el baremo de investigación, lo que significa que poseen un alto nivel de competencia para codificar óptimamente un análisis de falla. En efecto, Buron (2006) señala que la compresión integra la nueva información con los propios conocimientos, esquemas y teorías, y como cada uno tenemos teorías y conocimientos distintos, siempre hay un matiz personal en la interpretación.

Para la sub-dimensión meta-lectura, se obtuvo una media $\bar{X} = 3.84$ con un alto promedio en el baremo de investigación, estos resultados demuestran que la muestra escogida en la sub-dimensión meta-lectura tiene un alto nivel concentración. En este mismo orden y dirección Peralta (2000) señala, cuando una persona se concentra, representa el enfoque total de atención y potencia la mente sobre lo que está tratando de aprender.

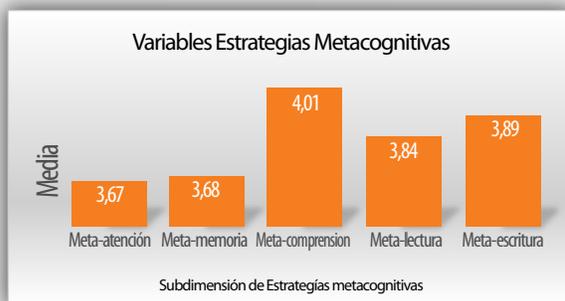


Gráfico 4. Variable estrategias metacognitivas. Sub-dimensiones. Fuente: Villarroel (2014).

Para la sub-dimensión meta-escritura, se obtuvo una media $\bar{X} = 3.84$ con un alto promedio en el baremo de investigación, los resultados anteriores evidencian que la sub-dimensión meta-escritura tiene un alto nivel sobre la regulación de las operaciones implicadas en la comunicación escrita. Al respecto Burón (2006) señala que el proceso de resumir texto es la habilidad para exponer los puntos principales de forma concisa. En el proceso de análisis de fallas es de singular importancia, ya que es una habilidad que implica tanto la atención a lo que es importante, eliminando lo secundario.

Un aspecto importante a destacar en los resultados en cuanto a la variable estrategias metacognitivas es que todas se encuentran en un alto promedio según el baremo de investigación y surge la inquietud de cómo motivar a estos estudiantes que poseen un nivel de habilidades metacognitivas a mejorar su rendimiento a través de un proceso de motivación. Esto dependerá en gran medida por el conocimiento de los objetivos que se propone el propio estudiante. Esta determinación de objetivos es el producto de un análisis en torno a las demandas para realizar un análisis de falla, a los objetivos personales que el sujeto desea conseguir, y a la determinación y regulación de las estrategias metacognitivas que emplean en la realización de la tarea.

CONCLUSIONES

Se concluye que las estrategias metacognitivas más adecuadas para realizar análisis de falla son tres: la primera es la meta-compresión, es quizás el aspecto más importante en el aprendizaje, ya que necesita integrar las asociaciones de la nueva información con los propios conocimientos para poder incorporar elementos personales que implique la interpretación de cómo ocurrió la falla en el sistema.

La segunda que se considera importante es la meta-escritura ya que un adecuado analista de falla debe poseer una adecuada comunicación

que le permita expresar la jerarquización de las posibles causas de una falla de una manera objetiva.

La tercera y última que se propone es la meta-atención debido a que un analista de falla debe poseer una aguda capacidad de observación de los hechos en que ocurrió la avería con el fin de seleccionar entre las más probables y menos probables causas, la que mejor explica lo que ocurrió.

Todas estas competencias metacognitivas deben ser acompañadas con estrategias didácticas y de motivación que viabilicen el desarrollo de habilidades de pensamientos de los estudiantes con el fin de mejorar su rendimiento académico en el análisis de las fallas.

AUTOR:

HENRY VILLARROEL

Universidad Nacional Experimental

Rafael María Baralt

villarroelhenry.j@gmail.com



Referencias Bibliográficas.

Balestrini, M. (2002). *Como se elabora el proyecto de investigación*. Sexta edición. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Caracas.

Bernoconi, E. (2012). *Información en línea. Analizando Fallas* (<http://analizandofallas.blogspot.com>). Consulta realizada el día 23 de Abril 2012.

Burón, O. (2006). *Enseñar a aprender. Introducción a la Metacognición*. Séptima edición. Ediciones Mensajero. Universidad Deusto. España.

COVENIN 3049 (1993). *Mantenimiento. Definiciones*. Editorial Fondonorma. Caracas, Venezuela.

Creus, A. (2005). *Fiabilidad y Seguridad*. Editorial Marcombo. Segunda Edición.

Domerech M. (2004). *El papel de la inteligencia y de la metacognición en la resolución de problemas*. Departamento de Psicología. Universitat Rovira i Virgli (URV). Italia. Fichero de Tesis.

Fotta y otros (2005). *Developing a Human Error Modeling Architecture (HEMA)*. Texas, USA.

Gutierrez A. (2011). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Editorial Alfaomega. Mexico.

Hollnagel E. y otros (2005). *Joint Cognitive Systems*. CRC 2005. First Edition. Elsevier Science Ltd. USA

Mosquera, G. (2001). *Tratamiento de las fallas dependientes y las acciones humanas en los análisis de confiabilidad y riesgo de la industria convencional*. UCV. Consejo de desarrollo científico y humanístico. Caracas, Venezuela.

Peralta, J. (2000) *Estrategias que facilitan aprendizajes significativos*. Editorial de la Universidad del Zulia. Maracaibo.

Villarroel, H. (2014). *Estrategias metacognitivas para el análisis de falla en la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniera en Mantenimiento Mecánico de UNERMB*. Trabajo de Grado

Zambrano S. (2005). *Fundamentos básicos de mantenimiento*. FEUNET. San Cristobal, Tachira, Venezuela.

25° CONGRESO DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

"FACILITY MANAGEMENT EN SALUD. GESTIONAR LA INNOVACION"

Texto: Maite Aguirrezabala

Del 14 al 15 de Setiembre de 2017, el Comité Argentino de Mantenimiento (CAM) estará realizando en Buenos Aires – Argentina el 25° Congreso de Mantenimiento Hospitalario bajo el lema "Facility Management en Salud, gestionar la innovación"; que se desarrollará en el Auditorio FLENI, Olazábal 1561, en la capital argentina.

Los Congresos de Mantenimiento Hospitalario organizados por el CAM se han constituido por mérito propio en un foro tradicional para que la matrícula especializada tome contacto con los nuevos avances en los conocimientos de la problemática de la salud y se actualice respecto a las nuevas tecnologías en el equipamiento hospitalario.

Desde el año 2003, la Junta Ejecutiva del Comité Argentino de Mantenimiento ha decidido no arancelar el Congreso para lograr una mayor difusión de los temas que se desarrollan en el evento, de modo que nada dificulte la participación de todos los interesados en esta temática, por lo que la entrada al Congreso es libre y gratuita, con inscripción previa.

Es importante destacar que las instituciones de salud son más conscientes de la importancia de contar con una figura encargada del mantenimiento y eficaz gestión de sus recursos. No en vano, los servicios integrados en el facility management suponen el 30% de los gastos de una empresa. Es preciso, pues, optimizar recursos y al mismo tiempo ahorrar, sumado a la necesidad de garantizar la calidad de la atención y seguridad del paciente.

Aún cuando el sector salud en Argentina se encuentra por muy debajo de la media europea, hace tiempo que en los Hospitales el cartel de «Servicios Generales» quedó pequeño para amalgamar una serie de disciplinas que han entrado para quedarse en la planificación hospitalaria. De ahí que el Facility Management (FM) comenzó a instalarse en la gestión en Salud. FM es una multidisciplina que engloba desde los clásicos mantenimiento, limpieza, cafetería, jardinería, hasta otras actividades, como búsqueda del inmueble adecuado para albergar las oficinas; coordinación de proyectos de construcción, remodelación o reubicación; planificación de espacios; alquileres, mudanza, gestión de contratos o seguridad.

Entre los ejes temáticos del Congreso estarán los siguientes tópicos: Gestión, Organización, Informática y Costos de Mantenimiento Hospitalario, Modelo de gestión – PPP (Participación Público Privado), Sustentabilidad en Edificios para la Salud, Ahorro energético, Sistemas de automatización en hospitales, Indicadores de Mantenimiento y Tablero de Mando, Seguridad y Medio Ambiente, Aplicación de Técnicas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo, Metodologías y Técnicas aplicadas al Mantenimiento de Equipo Médico y el Recurso Humano en el Mantenimiento Hospitalario.

La entrada e inscripción se podrán concretar vía mail a:

cam.mantenimientohospitalario@gmail.com y para mayor información puedes ingresar a su página web: **www.cam-mantenimiento.com.ar**

EVENTOS²⁰₁₇ DE MANTENIMIENTO

Del 16 al 18 de Agosto de 2017
**XIX CONGRESO INTERNACIONAL DE
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE
ACTIVOS**

<http://www.aciymmantenimientoygestiondeactivos.org>

Tel: (571)2367713 - (571)2367714-
(571)3127393

Correo: aciemeducon@cablenet.co

Del 14 al 15 de Septiembre de 2017
**25° CONGRESO DE
MANTENIMIENTO HOSPITALARIO**
ACIEM. COPIMAN.

*"FACILITY MANAGEMENT EN SALUD,
GESTIONAR LA INNOVACIÓN"*

Entrada gratis gestionar por email:

cam.mantenimientohospitalario@gmail.com

Información general en:

www.cam-mantenimiento.com.ar

Del 18 al 21 de Septiembre de 2017
**XII CONGRESO MEXICANO DE
MANTENIMIENTO Y
CONFIABILIDAD**

Información en:

<http://www.cmcm.com.mx/>

Tel: +52 (477) 711 2323 ext.111

correo: contacto@cmcm.com.mx

Del 20 al 21 de Octubre de 2017
**17° CONGRESO PERUANO DE
INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

Tlfs: +51 01 346-2203 / +51 01 346-2841

Cel: RPM #990-061-141 / RPC

974-685-959

Email: informes@ipeman.com

Web: www.ipeman.com

Del 11 al 15 de Diciembre de 2017
**32 END INTERNATIONAL
MAINTENANCE CONFERENCE
FLORIDA IMC 2017**

Web: <http://www.cvent.com>

Contacto: +001 888-575-1245

CREADA LA SOCIEDAD VENEZOLANA DE FACILITY MANAGEMENT

Con el auspicio inicial de la empresa SISVENCA, la Sociedad espera impulsar la disciplina de Facility Management o gerencia de infraestructuras en Venezuela, con un claro conocimiento de la interrelación entre las personas y las infraestructuras que habitan, y cómo parte de las estrategias para el aprovechamiento de activos.

Texto: Alimey Díaz/ Predictiva21

Se conoce como Facility Management al conjunto de disciplinas destinadas a hacer más habitables, seguras y confortables las edificaciones que utilizamos, ya sea como viviendas, lugares de trabajo o centros de atención. Mantenimiento de equipos, limpieza, almacenamiento, seguridad, y jardinería y paisajismo son los cinco ejes fundamentales sobre los cuales descansa esta disciplina, ahora conocida como Facility Management o gerenciamiento de infraestructuras, y que, siendo ya un tema andado para los países europeos, aún está en ciernes en territorio latinoamericano.

En Venezuela acaba de crearse la Sociedad Venezolana de Facility Management, bajo la dirección del Ing. Rafael Argüelles y con el auspicio inicial de la empresa SISVENCA, de la cual Argüelles es CEO. Facility Management se refiere fundamentalmente a la calidad de vida y

a la dinámica que transcurre dentro de las grandes infraestructuras como fábricas, empresas, hospitales y centros educativos. El aporte de este enfoque se centra en considerar al usuario como un cliente, interno o externo, y al cual esta disciplina aspira servir convenientemente, además de velar por el mantenimiento de estas infraestructuras bajo la premisa del ciclo de vida para los activos físicos. FACILITY MANAGEMENT Venezuela nace debido a la necesidad de fomentar y difundir esta disciplina, como parte de las estrategias de aprovechamiento de activos. La página web www.facilityvenezuela.com.ve aún está en construcción, sin embargo el correo administrador@facilitymanagement.com está disponible para todo el intercambio informativo que sea pertinente. La sede de la Sociedad Venezolana de Facility Management está por ahora gestionando espacios de funcionamiento en la ciudad de Caracas. Al respecto, Rafael

Argüelles destaca que la importancia del Facility Management se ubica, esencialmente, en prestar un buen servicio para lograr la mejor calidad de vida posible, en el marco de las edificaciones de uso común. “La vida se ha vuelto compleja a medida que avanza la civilización, y con ello las infraestructuras, los edificios, se hacen cada vez más grandes y complejos, y por ende el manejo de los servicios también ha de ir a la par de estas exigencias –acota Argüelles. Pensemos, por ejemplo, en la importancia de la calidad del aire y la disposición de los desechos en un hospital; o en la necesidad de un almacenamiento óptimo en una fábrica, los servicios eléctricos de un edificio inteligente o las labores de seguridad y paisajismo en un gran complejo hotelero, o sencillamente en las condiciones sanitarias que deben cumplirse en una instalación que produce y envasa alimentos. Son aspectos clave para el buen funcionamiento de estas infraestructuras, y para que cumplan a cabalidad el objeto para el cual fueron diseñadas. La diversificación de los servicios ocurre a todo nivel, y las grandes edificaciones no escapan a ello. Entender a un edificio como un ente con un ciclo de vida y un plan de mantenimiento de optimice recursos impactará, de una forma u otra, en las personas que viven o trabajan allí. Por otro lado, y como particularidad del caso Venezuela, las dificultades legales para la prestación de servicios a terceros, deben ser abordadas con un adecuado plan de gestión de recursos.” –destaca.

FACILITY MANAGEMENT EN EL MUNDO

SISVENCA es fundamentalmente una empresa de Facility Management, y ha sido la intensa actividad desarrollada aquí lo que ha dado a su presidente la idea de crear la Sociedad Venezolana de Facility Management, que espera reunir a todos los stakeholders del país y crear una verdadera comunidad de esta disciplina, cuya difusión de valores y

conocimientos resumen la misión de la sociedad.

Organizaciones como FIM, Federación Iberoamericana de Mantenimiento; CAM, Comité Argentino de Mantenimiento o IFMA España (International Facility Management Association) dan fe de la importancia de esta disciplina, cuyas siglas en el mundo del mantenimiento se reducen a FM. IFMA la define como “una disciplina que engloba diversas áreas para asegurar y gestionar el mejor funcionamiento de los inmuebles y/o infraestructuras y de sus servicios asociados, a través de la integración de personas, espacios, procesos y de las tecnologías propias de dichos inmuebles o infraestructuras”; y desde el año 2017 se aprobó la Norma ISO 41000 como Sistema Estándar de Administración para la gestión de las instalaciones, la cual es el resultado del trabajo efectuado por el ISO TC 267, comité técnico que desde Diciembre de 2015 inicio las labores requeridas para la publicación del estándar.

En Latinoamérica, algunos países han adelantado la materia pendiente que es el FM. Para septiembre de este año el Comité Argentino de Mantenimiento, CAM, realizará el 25° Congreso de Mantenimiento Hospitalario “Facility Management en salud, gestionar la innovación”, una actividad aglutinante en el sector que se ha constituido con los años en un espacio propicio para que los especialistas en el tema se familiaricen con los nuevos avances para abordar la problemática de la salud, a la par de actualizarse respecto a las nuevas tecnologías de equipamiento hospitalario. Para las instituciones de salud el FM va de primero en sus check list. Modelos de gestión, sustentabilidad de edificios, planificación de espacios, planificación de remodelación o búsqueda de inmuebles apropiados son también parte esta disciplina, en donde la naciente Sociedad Venezolana de Facility Management tiene un largo y productivo camino por recorrer.



DR. BLAS GALVÁN

"LA CREACIÓN
DE PLANETRAMS
ES LA CONCRECIÓN
DE UN LARGO
SUEÑO".

El director del grupo de investigación CEANI, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; director de la plataforma on line PlanetRAMS y uno de los creadores de la plataforma Platea 4D, conversó con Predictiva21 sobre los retos y satisfacciones de acometer estos proyectos, destinados a crear mayores espacios para la confiabilidad industrial.

La confiabilidad es una de las áreas que puede sonar abstracta e inasible para los no entendidos en la materia, pero su impacto en la vida diaria es incuestionable. Hija de la Aeronáutica, la ingeniería en Confiabilidad, que ha evolucionado hasta convertirse en Gestión de Activos, abarca un vasto campo de las ciencias, y sus efectos en el área técnica ha derivado en procesos más seguros y mejores formas de hacer ingeniería.

Además de las empresas, las universidades han sido el campo natural en el cual ha florecido esta especialidad, impulsada por la labor de investigadores y apasionados en el área, para quienes la ingeniería de confiabilidad y gestión de activos es prioridad. Uno de estos escenarios ha sido la Universidad de Las Palmas de Gran Canarias, que adelanta actualmente el proyecto Platea 4D (tan ambicioso que incluso mereció una visita por parte de Sus Majestades los Reyes de España). Platea 4D es una plataforma integradora de datos y sistemas de representación, útil para la monitorización en tiempo Real y el Análisis de Riesgo en áreas petroleras y tráfico marítimo. Su director, el Ingeniero Blas Galván, conversó sobre este interesante proyecto, además de otros retos como la plataforma virtual PlanetRAMS y sus actividades en el CEANI, el grupo de investigación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

1. ¿Cómo se inicia usted en el mundo de la ingeniería?

Nací en Las Palmas de Gran Canaria, Islas canarias, España. Estudié Ingeniería Industrial en esta misma ciudad y al finalizar recibí una beca de Formación de Personal Investigador para la Escuela de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, donde continué especializándome en Seguridad de Centrales Nucleares. Mi primer contacto con la Confiabilidad fue en cuarto año de carrera, cuando un profesor me regaló un ejemplar del libro "Power Systems Reliability Evaluation", cuya lectura me apasionó y marcó mi destino como ingeniero consagrado a la Confiabilidad. Durante la carrera también me apasionó el Método de Monte Carlo por sus aplicaciones para simulación estocástica, en especial aquellas relacionadas con la Confiabilidad y la Seguridad. Todo ello contribuyó a que años más tarde defendiera mi Tesis Doctoral sobre Evaluación Cuantitativa de Árbol de Fallos incluyendo Simulación Monte Carlo.

Mi primer trabajo como Ingeniero fue en la compañía Mobil Oil, donde pude familiarizarme con los aspectos de Operación y Mantenimiento de Instalaciones On-shore de almacenamiento de derivados del petróleo para suministro a buques y venta local al detalle. A lo largo de los

años trabajé también en la compañía Fujitsu España, la empresa pública Hecansa y fundé y actué como CEO de una empresa de Soluciones Informáticas avanzadas. En el año 1997 comencé la especialización en Diseño y Rediseño Óptimo de Instalaciones usando criterios de Disponibilidad y Costo, continuando actualmente con esta línea de trabajo. Desde 2003 se han ido añadiendo proyectos de Diagnóstico y Pronóstico de Averías usando técnicas de Inteligencia Artificial, especialmente Sistemas Expertos, Redes Neuronales y Lógica Difusa.

2. Usted es actualmente Director del grupo de investigación CEANI, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ¿Cómo llega a este cargo, que ha significado para usted?

Me incorporé al CEANI en el año 1995, y desde entonces comencé a participar activamente en Proyectos Europeos en los que intervenían grandes industrias que planteaban retos a solucionar. Entre ellos había retos de diseño óptimo, de explotación óptima de recursos para la producción y de conservación de los activos. En el año 2003 fui nombrado director del CEANI, lo cual ha constituido el reto más grande que he tenido que afrontar en mi carrera profesional.



El Ing. Blas Galván, alma y motor de Planet RAM

3. ¿Cuáles han sido las actividades y retos más importantes que ha afrontado en este cargo? ¿Qué planes a futuro contempla?

Las actividades del CEANI abarcan desde la Investigación hasta la aplicación práctica de resultados de la investigación a problemas reales industriales, pasando por la realización de publicaciones científicas con índice de impacto internacional, realización de Ponencias en congresos internacionales, organización de Congresos, workshops y reuniones, participación en proyectos Europeos y desarrollos propios de software para aplicaciones industriales y/o sociales.

Coordinar las tareas del grupo de investigación CEANI y planificar las acciones futuras constituyen un reto fundamental como director. Muchos profesores y profesionales forman parte del grupo, realizando actividades tanto de investigación como de aplicación real. Mi reto personal ha tenido como eje de actuación el desarrollar la Ingeniería de Confiabilidad, Mantenibilidad y Riesgo en diferentes aspectos: el primero la investigación en aspectos clave como la optimización del diseño, la estrategia de mantenimiento, el Diagnóstico/Pronóstico de fallos y la Optimización del Plan de Mantenimiento. Incluyendo la Ayuda a la Toma

de Decisiones teniendo en cuenta los modernos paradigmas de la Gestión de Activos en general y la Gestión de Activos físicos en particular.

El segundo el desarrollo de las capacidades de formación especialmente online, en especial fundando la Maestría en Ingeniería de Confiabilidad, Mantenibilidad y Riesgo (MICRO), de la que fui director en sus primeras nueve ediciones, y la creación del área de cursos avanzados online multimedia del proyecto PlanetRAMS (www.planetrams.com) que incluye una amplia variedad de cursos diseñados para que cada profesional pueda elegir los componentes de la formación que le interese.

El tercero la creación desde el año 2001 del proyecto Platea4D (www.platea4d.com), una plataforma integradora de Datos, Modelos y Sistemas de representación, con múltiples aplicaciones tanto para dar soporte a proyectos de investigación y desarrollo como para casos concretos de necesidades en la industria o la sociedad. Destacan en esta plataforma las aplicaciones de Monitorización en Tiempo Real y el Análisis de Riesgo en diferentes áreas: Vertidos de Hidrocarburos, Explosiones, Fugas, Nubes tóxicas, Tráfico Marítimo, etc.

4. ¿Cómo se crea PlanetRAMS? ¿Bajo qué circunstancias? ¿Cuál fue la motivación principal?

Desde mis primeros años como ingeniero, siempre eché en falta la existencia de un lugar de referencia donde encontrar toda la información relevante de lo que está ocurriendo o es de interés, así como del conocimiento y sus fuentes. Algo así como una mezcla de Wikipedia, el New York Times y la CNN, pero solo dedicado a la Análisis de Confiabilidad, Mantenibilidad, Seguridad y Riesgo. Que incluyera además Datos, Software y Foros de discusión actualizados. Atendido por profesionales de valía reconocida de diferentes lugares del mundo, con diferentes experiencias y trayectorias profesionales. PlanetRAMS surge en 2015 basado en dos experiencias previas,



Con Sus Majestades los Reyes de España, Doña Letizia y Don Felipe, durante la visita a la Plataforma Oceánica de Canarias, PLOCAN, observando la Platea 4D. Les acompañaron en esta ocasión la Diputada por Las Palmas en el Congreso de los Diputados de España, María del Carmen Hernández Bente; el Presidente del Gobierno de Canarias, Fernando Clavijo; el director de la Plataforma Oceánica de Canarias, Dr. Octavio Llinás; y el Dr. Blas Galván.

una en 1997 (web Newton-Leibnitz) y otra en 2006 (web Confiabilidad.com), acumulando todo lo aprendido con las experiencias anteriores y aprovechando el gran avance de Internet.

5. ¿Qué ha significado esta experiencia?

Lo primero es resaltar que ha sido necesario aprender muchísimo de áreas de conocimiento muy lejanas a las de un Ingeniero e Investigador en Análisis de Confiabilidad, Mantenibilidad y Riesgo: Internet y su uso para los fines de PlanetRAMS, Redes Sociales y su funcionamiento (en especial LinkedIn), Youtube y sus posibilidades para contener vídeo grabado y para emitir en directo (streaming), software para emitir vídeo en directo así como para editar vídeo eficientemente, software online de última generación, y así un largo etcétera de conocimientos y habilidades que han debido conjugarse para dar vida a la idea.

El desarrollo día a día de PlanetRAMS como una Comunidad Virtual llena de servicios e informaciones, es la realización de un viejo sueño, un reto muy complejo en el que hay que estar dispuesto a aprender algo nuevo casi a diario. Nunca se para de aprender.

Es muy de destacar el aprendizaje continuo que significa el contacto directo, día a día, con los Autores de PlanetRAMS. Ellos son el núcleo de difusión del conocimiento significativo de

PlanetRAMS, aportando artículos de gran contenido y clarificadores de la gran variedad de conceptos que el mundo RAMS maneja. Actualmente los autores de PlanetRAMS, somos por orden alfabético del primer apellido, los siguientes: Fernández, Antonio José (Comité de Fiabilidad, AEC), Galván, Blas (CEANI, ULPGC), Gómez, Iván Darío (IG GROUP), Medina, Robinson (Asset Radio), Parra, Carlos (INGECON), Primera, Ernesto (Machinery Reliability Institute), Sena, Remigio (Reliability & Consulting), Sexto, Luis Felipe (Radical

Mangement).

Otras muchas personas trabajan como parte del "equipo" de PlanetRAMS, como puede consultarse en la página web. Sin ellos y su trabajo abnegado y oculto la iniciativa no sería posible.

6. ¿Qué planes, proyectos y desafíos tiene planteados PlanetRAMS, para este año y el próximo quinquenio?

PlanetRAMS aunque nació en 2015 y hoy en día incorpora muchos de los objetivos marcados, tiene todavía muchas cosas que mejorar y otras muchas que incorporar. El eje central es la transferencia del conocimiento cualificado y significativo vía autores de prestigio. Lo más difícil de hacer entender es que está al servicio de toda la comunidad RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety/Risk), de tal forma que cualquier organización puede hacer llegar sus noticias para que sean publicadas. Con la ventaja de que esas noticias son a su vez enviadas de forma automática a las redes asociadas, lo que significa a día de hoy que las reciben instantáneamente unas 100 mil personas en tres continentes.

Uno de los proyectos es el desarrollo de software RAMS web gratuito. Actualmente está en servicio un software de Análisis de Datos y en

breve se pondrán en funcionamiento uno de Diagrama de Bloques de Confiabilidad, así como uno de Árbol de Fallos. Ya está en servicio una Base de Datos de Tasas de Fallo y Tiempos de recuperación de activos, que va creciendo y contiene cada vez mayor cantidad de información valiosa. Dentro de 4 meses esperamos también poner en servicio un software de Árbol de Eventos.

Para este año hay muchas más novedades como la puesta en marcha de Foros temáticos y Webinars, así como el inicio de las transmisiones en directo vía Youtube; Lo que denominamos Planet TV. Sin duda esta "Televisión" es nuestro mayor desafío, no solo tecnológico, sino estructuralmente. Los equipos técnicos necesarios son en general muy costosos y se requiere además de un personal muy bien entrenado, por lo que el proceso de puesta en marcha de este servicio lleva meses gestándose y esperamos en breve empezar a emitir.

Queremos llegar a un estado de desarrollo en implantación en el que cualquier experto RAMS en cualquier parte del mundo, de forma natural, cuando asista a un evento RAMS, haga una fotografía o un vídeo y agregue un comentario para enviarlo a PlanetRAMS. Tal como ya muchos hacemos con redes sociales.

7. Planet RAMS ha suscrito acuerdos con otros medios, como Asset Radio en Venezuela. ¿Cómo ha sido esta experiencia y que esperan lograr?

La alianza con Asset Radio ha sido una experiencia extraordinaria, surgió de forma natural entre dos ideas similares que habían elegido medios de comunicación complementarios entre sí. La colaboración ha sido mucho más amplia de lo que en principio éramos capaces de imaginar, actualmente cualquier información generada por Asset Radio o por PlanetRAMS puede ser emitida por

el otro, ampliando así el alcance del mensaje. Además, hemos creado espacios comunes como es el caso de la serie "Dialogo con la Experiencia", en la que el Ing. Robinson Medina, fundador y director de Asset Radio, entrevista a personas relevantes del ámbito RAMS, usando para ello medios técnicos aportados por ambas iniciativas. Como resultado están quedando para la posteridad, grabados y libremente accesibles, vídeos de gran valor tanto por el mensaje que contienen como por la valía de las personas entrevistadas.

Se están analizando nuevas vías de colaboración, como la realización de programas cortos tanto grabados como emitidos en vivo, la retransmisión de eventos como Congresos o Workshops y la transmisión de conocimientos vía eventos de formación.



Dr. Blas Galván y un grupo de estudiantes RAMS

TEXTO:

Alimey Díaz Martí/Maite Aguirrezabala

FOTOS:

Cortesía

RAFAEL ARGÜELLES:

Facility Management es calidad integral en las edificaciones, para las personas



El presidente de la recién creada Sociedad Venezolana de Facility Management y CEO de la empresa SISVENCA, especializada en FM, conversa con Predictiva21 sobre este nuevo reto, destinado a dinamizar a la comunidad del facility en Venezuela y alinear el quehacer nacional en el ramo con los estándares mundiales.

Texto: Alimey Díaz Martí

El Facility Management es una de las actividades más antiguas de la humanidad, pero recién en este siglo y finales del siglo XX ha recibido una denominación y un marco conceptual que en verdad reflejen sus alcances e importancia. En Venezuela, ahora una organización representa e integra este trabajo, crucial en la relación entre las edificaciones y sus usuarios: la Sociedad Venezolana de Facility Management, fundada por el ingeniero Rafael Argüelles.

Facility Management o gerenciamiento de edificaciones se refiere, fundamentalmente, a la actividad que regula y vela por el buen desempeño de los servicios de una infraestructura, en función de las personas que la habitan o la usan. Esto es de vital importancia en un mundo en el cual los servicios, los edificios, la tecnología y la sociedad en general se complejizan cada vez más, y los retos de servicios aumentan exponencialmente. Comprender, por ejemplo, la importancia de la disposición de desechos en un hospital, la calidad del aire en un quirófano, el

funcionamiento de los ascensores en edificaciones altas, el adecuado almacenamiento en una industria o los sistemas de seguridad en infraestructuras de uso masivo, puede ofrecer una clara idea del alcance del Facility Management, una actividad que ha estado durante muchos años en el seno de las sociedades y se ha desarrollado con cada paso de la civilización.

En Venezuela se ha creado recientemente la Sociedad Venezolana de Facility Management, una organización destinada a unir, dinamizar y profundizar esta actividad dentro del país, así como crear una sólida red entre todos los especialistas del área, a fin de fortalecer el gremio como tal. El artífice de ello ha sido el ingeniero Rafael Argüelles, presidente de la naciente sociedad y CEO de la empresa SISVENCA, dedicada y especializada desde hace ya casi 12 años en el tema del facility. Conversamos con Argüelles acerca de esta iniciativa y lo que puede representar para el fortalecimiento del FM en el país.

1. Predictiva21: Rafael ¿cómo te inicias en el mundo de la ingeniería, y como llegas al Facility management?

Rafael Argüelles: Soy Ingeniero Electricista, de formación en la Universidad Rafael Urdaneta en Maracaibo. Debido a que en mis inicios laborales aún no había obtenido mi título, mis primeros contactos con la especialidad fueron desde el campo de mantenimiento, por lo que desde mis inicios he estado de alguna manera y sin saberlo siquiera, desarrollándome en el campo del Facility Management. Luego de graduarme, y quizás por estar ya inmerso en esta área de servicio, continué desarrollándome como especialista en mantenimiento y, posteriormente, en Gerencia de Activos. Luego, en unión de colegas muy cercanos desde el punto de vista filosófico de la teoría de la Gerencia de Activos, participo como miembro fundador de la Asociación Venezolana de Profesionales de Mantenimiento y Confiabilidad (AVEPMCO), específicamente como Director de Relaciones Institucionales (cargo que aun ejerzo). En tareas inherentes a este cargo, participé en representación de Venezuela en una reunión de la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM), donde comencé a relacionarme con el mundo del Facility, ya de manera más formal.

2. P21: ¿Cuándo inicia SISVENCA sus actividades? ¿Comenzó como una empresa de Facility Management? ¿Cómo llegan a este concepto?

RA: SISVENCA inicia sus actividades en Febrero de 2006, en ese momento más como un Operador Logístico que como una empresa de Facility Management. Pero es que para la época, ese concepto era poco conocido en nuestro país, y mucho más lo era el conjunto de servicios especializados que abarca. Efectivamente, las operaciones logísticas son parte de los servicios que una empresa integral de Facility Management involucra, pero no sería sincero decir que desde un inicio pensamos que sería este el camino. Con el transcurrir del tiempo, y en función de aprovechar oportunidades utilizando nuestras fortalezas, y cubrir riesgos de diversificación, fuimos cada vez más tomando la forma de una empresa de Facility Management, al punto que en la actualidad somos una de las muy pocas empresas en

Venezuela que puede prestar servicios de calidad, con comprobada experiencia, en todas las áreas de especialización que involucra el Facility Management. Este proceso, que fue ocurriendo más como un tema natural de estrategia empresarial, se vio reforzado conceptualmente por la experiencia en la convención de la FIM, realizada en 2012, a la cual ya me he referido. Desde finales de ese año 2012, nos trazamos un mapa de ruta en vía a desarrollarnos completamente como una empresa de Facility Management.

3. P21: Ahora has creado la Sociedad Venezolana de Facility Management, y de momento SISVENCA es su único patrocinante. ¿Cómo nace la idea de crear esta institución? ¿Cuáles son sus objetivos? ¿Qué principios la sustentan?

RA: Desde Octubre de 2015, ISO autorizó al comité TC 267 a desarrollar una norma para estandarizar los sistemas de gestión en Facility Management, bajo la serie ISO 41000, la cual trajo a la luz sus primeros productos en Abril de este año ISO41011:2017 e ISO41012:2017 además del Reporte Técnico ISO TR 41013:2017. Estos últimos estándares nos condujeron a crear la Sociedad de Facility Management de Venezuela, con la finalidad de promover los servicios de calidad y establecer medidas estándares de desempeño que permitan a los usuarios tener una guía de apoyo para la selección y contratación de servicios de FM. Esto contribuirá de forma ostensible a generar a la larga ahorros en los potenciales clientes y usuarios, a transparentar la prestación de este tipo de servicios y, mucho más importante, permitirá crear las bases de sustento para la auditoria de cumplimiento (compliance) que darán aún más fortaleza a los servicios de soporte de los clientes finales de las empresas de Facility.

4. P21: ¿Qué planes tienen para este año, desde la Sociedad Venezolana de Facility Management?

RA: Desde Facility Venezuela queremos transmitir nuestro compromiso de trabajo. Por ello, queremos este mismo año, organizar nuestro primer encuentro de profesionales de Facility Management, donde podamos traer exponentes de la especialidad para dictar

seminarios y cursos, dar a conocer los primeros pasos de estandarización y generar networking entre los profesionales del ramo. Esa es, después de concluir nuestra página web y promocionar nuestros foros, la meta a corto plazo más ambiciosa que como sociedad tenemos. Ya para el próximo año, y teniendo como punto de partida este congreso, tenemos como meta iniciar nuestros propios esfuerzos orientados a certificación de proveedores de servicio de FM.

5. P21: Esta disciplina tiene denominación de data reciente, aun cuando ha estado presente en todo el desarrollo evolutivo de la humanidad, por cuanto gerenciar edificaciones es una tarea tan obvia como antigua. ¿Por qué crees que ha despertado tanto interés en las últimas décadas, al punto de considerarla una disciplina de múltiples facetas, que ha requerido de la atención, el concurso y la conceptualización de las grandes mentes de la ingeniería y la gestión de activos en el mundo, al punto de tener incluso su propia normalización ISO?

RA: Pues porque en verdad, no es una disciplina tan obvia. El Facility Manager, es un profesional que requiere de una combinación de habilidades únicas, debido a lo polifacético de la disciplina. Pienso, aunque no hay nada escrito al respecto, que esta serie de normas vienen a llenar un vacío que estaba siendo llenado por otra normativa que no estaba destinada para estas áreas de soporte, por lo cual su aplicación no era transparente. De hecho, como lo comenté antes, mi primer contacto formal con la disciplina ocurrió en una convención anual de la Federación Internacional de Mantenimiento (FIM), en la cual

discutíamos si agregar a la razón de ser de la FIM el tema de Gerencia de Activos. Como probablemente ya quien nos lee intuya, la norma con la cual se pretendía gerenciar el tema de Facility Management es la ISO55000, la cual es descendiente directa del estándar de facto PAS55.

6. P21: Además de las empresas del gremio del FM ¿qué otras instituciones tienen relación con esta actividad? ¿Cómo crees que debe ser enfocada y concebida en los próximos años en el país, o en el continente?

RA: El estándar, más que estar dirigido a los prestadores de servicio, está diseñado como una herramienta para mejorar el control de gestión de los usuarios finales. Por eso creo que las diferentes sociedades y asociaciones profesionales de FM, deben enfocarse en ISO41000 como una herramienta de calidad para la gestión de los servicios. En este sentido, especialmente en Venezuela, es necesario que las empresas donde se requiere este tipo de servicios de manera intensiva, faciliten a sus Facility Managers el acceso a la normativa y promuevan la participación de los mismos en la creación local de mecanismos y métodos de evaluación y certificación de competencias diferenciadas por sector. ¿Por qué deben estar diferenciadas? Pues porque las actividades de Facility no son las mismas en el mantenimiento por ejemplo de un hospital, de una fábrica de alimentos o una institución Bancaria. Creo firmemente, que en los próximos años, y de forma continuada, veremos muchos movimientos de sectorización y estandarización de los servicios de FM.



**“TRABAJAMOS
PARA
CONSOLIDAR
LA ACTIVIDAD
DEL FACILITY
MANAGEMENT
EN VENEZUELA”**

RAFAEL ARGÜELLES



La Gestión de Activos ISO 55001, 2014 y la Continuidad del Negocio ISO 22301, 2012

“Una visión integradora del negocio con foco en la gestión del riesgo”

LOS NUEVOS RETOS DE LAS ORGANIZACIONES

Las organizaciones en la actualidad se hacen cada vez más conscientes de la necesidad de soportar sus negocios en procesos estándares que les permita sortear por un lado las fluctuaciones económicas de los mercados intencionales y por otro lado disponer de las herramientas necesarias para garantizar una adecuada competitividad que les garantice como organización ser sostenibles, rentables y resilientes.

Para lograr abrirse paso en este largo camino, en la actualidad las organizaciones disponen de muchas alternativas, sin embargo en este escrito realizaremos una breve revisión de dos Normas ISO (55001, 2014. Gestión de Activos) y (22301, 2013. Continuidad del Negocio) como guía para llevar a cabo la implementación de procesos generadores de valor para la organización y garantizar la resiliencia anhelada.

Si bien es cierto que el desarrollo de la resiliencia organizacional no es fácil pero, en un entorno turbulento e inestable como el actual, la única ventaja competitiva que tienen las organizaciones es su capacidad para reinventar el modelo de negocio antes de que las

circunstancias les obliguen a hacerlo (Hamel & Välikangas, 2004). Cuando la organización es resiliente, es capaz de tomar rápidamente ventaja y de anticiparse a las oportunidades o amenazas; las oportunidades son explotadas porque la organización está alerta y orientada a la acción y, en lugar de hacer frente a las oportunidades a través de análisis y observaciones, actúa (Salanova, 2009).

La resiliencia organizacional es definida por Lengnick-Hall y Beck (2003), como una mezcla compleja de comportamientos, perspectivas e interacciones que puede ser desarrollada, medida y dirigidas, sin embargo Wildavsky (1988) la define como una capacidad dinámica de adaptabilidad de la organización que crece y se desarrolla con el tiempo.

En este sentido tal como lo plantea Meneghel, et.al (2013) la resiliencia no es entendida como un atributo estático que las organizaciones poseen o no poseen. Más bien, es el resultado de procesos que ayudan a las organizaciones a mantener los recursos de una forma suficientemente flexible, sostenible en el tiempo, almacenable, convertible y maleable, para adaptarse a los cambios de contextos.

Visto desde este enfoque la organizaciones

actualmente disponen de normativas internacionales que les permiten obtener lineamientos generales para llevar a cabo estos procesos, por un lado la ISO 5500,2014, como marco de referencia para la gestión de los activos de una organización durante todo el ciclo de vida, con foco en la gestión del riesgo para la optimización de los costos e incrementar los beneficios y por otro lado ISO 22301,2012, como guía para los sistema de gestión de la continuidad del negocio, soportado en la gestión de riesgo (ISO 31000,2010) para el negocio.

Es necesario iniciar este escrito haciendo una revisión de los conceptos y objetivos tanto de la Gestión de Activos como de la Continuidad del Negocio, para luego establecer algunos elementos, que permiten entender la complementariedad y convergencia en ambos sistemas de gestión.

GESTIÓN DE ACTIVOS

La Gestión de Activos son todas las actividades de una organización para obtener valor a través de sus activos, esta traduce los objetivos de una organización en decisiones, planes y actividades, utilizando un enfoque basado en basado en riesgo, por lo que contribuye en la obtención de valor bajo un óptimo equilibrio de los costos financieros, ambientales y sociales, el riesgo, la calidad del servicio y el desempeño relacionado con los activos. (ISO 55000,2014)

Es así como Ruitenburg, et.al, (2014) propone los siguientes 5 criterios para esta definición:

- Es una práctica multidisciplinar
- Se considera todo el ciclo de vida de los activo.
- Con el objeto de lograr los objetivos de la organización previamente establecidos.
- Dentro de los límites de riesgo aceptables y de los regímenes pertinentes y que esto debe determinar la asignación de los recursos para ello.

Por otro lado Campbell (2016) integra estas visiones y afirma que la gestión de activos es la

interacción de las diferentes áreas habilitadoras de una organización (operaciones, mantenimiento, finanzas, RRHH, logística, compra, etc) a través de actividades, que de forma coordinada les permite gestionar los riesgos de forma adecuada para lograr generar valor a la organización.

Adicionalmente se define el Sistema de Gestión de activos, como el sistema que planifica y controla las actividades relacionadas y sus relaciones para asegurar que el rendimiento de los activos se adapte a la estrategia competitiva previsto por la organización, esta definición proporciona una visión holística e integrada del sistema de gestión de activos dentro de toda la organización (ISO 55000,2014).

El conjunto de Normas ISO 55000 proporciona orientación para su uso en cuanto a: el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de activos; dirigido a las personas involucradas en la gestión de activos, tanto internas como externas de la organización (ejemplo subcontratistas), que son consideradas como pilares para la implementación de los requerimientos de la norma y su sostenibilidad (Sistema de Gestión de Activos, en lo adelante SGA).

CONTINUIDAD DEL NEGOCIO

Es la capacidad que tienen las organizaciones de entregar productos y servicios previamente acordados incluso en situaciones extremadamente negativas (por ejemplo, durante o después de un desastre natural o un fallo masivo del proceso). Debe entenderse que la entrega puede ser tanto a partes internas como externas, por ejemplo, entre procesos de la misma organización o al cliente final. (ISO 22301,2012), adicionalmente existen otras definiciones que complementan y aportan mucho valor a la comprensión y entendimiento de este concepto tales como la que planteamos a continuación:

Según Svata, V, (2013) "Es un proceso de gestión integral que identifica las amenazas potenciales

en una organización y los impactos a la operación del negocios que esas amenazas, pueden causar, de llegar a producirse y que proporciona un marco para construir la capacidad de resistencia organizacional mediante respuestas efectivas que salvaguarden los intereses de sus principales stakeholder, reputación, marca y actividades de creación de valor.

Revisados estos conceptos podemos afirmar que en la actualidad existe mucho desconocimiento de los sistemas de gestión para la continuidad del negocio, por un lado se encuentran las organizaciones que no tienen idea de su existencia y menos que exista una norma ISO como guía para su implementación y por otro lado se encuentran las que si conocen su existencia, pero con frecuencia lo entienden como simples listas de verificación e instrucciones de trabajo que se utilizan sólo en situaciones improbables o poco factible que lleguen a ocurrir, por lo que esta percepción, estarían lejos de la forma en que operan normalmente (es decir adecuada al contexto operacional). Al adherirse a estas falsas creencias o paradigmas, las organizaciones pierden la posibilidad de construir un robusto y adecuado Sistema de Gestión para la Continuidad del Negocio, (en lo adelante SGCN) que les permita lograr su pleno potencial, de desempeño operacional, financiero, reputación o imagen corporativa. (27001Academy, 2016)

COHERENCIA Y COMPATIBILIDAD DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS (ISO 55001,2014) Y EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CONTINUIDAD DEL NEGOCIO (ISO 22301,2012)

Una de los mayores puntos de convergencia de estas normativas se encuentran en que ambas cumple con la estructura del anexo SL Directivas, ISO / IEC, Parte 1. Suplemento Consolidado ISO - Procedimientos específicos de la ISO.2015. Este documento el Anexo SL proporciona la estructura, denominada de Alto Nivel, para los sistemas de gestión ISO, este anexo establece las bases para la coherencia y

compatibilidad de todos los sistemas de gestión alineada a las normativas ISO (Lárez,2017). Adicionalmente facilita la implementación de sistemas de gestión integrados por lo que se pueden esperar menos conflictos, duplicidades, confusión y malentendidos de los que se produjeron como consecuencia de las diferentes estructuras que anteriormente tenían estas normas. Esto significa que las normas tienen la misma estructura básica, con el siguiente contenido.

- 4) Contexto de la organización
- 5) Liderazgo
- 6) Planificación
- 7) Soporte
- 8) Operaciones
- 9) Evaluación del desempeño
- 10) Mejora

En este escrito más allá de la revisión de cada uno de los elementos que conforman esta estructura de alto nivel de ambas normativa, se plantea realizar una breve descripción de los requerimientos 6 y 8 asociados a la planificación y al control operacional dentro de cada sistema de gestión y de qué manera estos son apalancados mediante una adecuada gestión de riesgo.

Req.	ISO 55001,2014	Req.	ISO 22301,2012
6	PLANIFICACIÓN	6	PLANIFICACIÓN
6.1	<i>Acciones para hacer frente a riesgos y oportunidades para el sistema de gestión de activos.</i>	6.1	<i>Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades</i>
6.2	<i>Objetivos de gestión de activos y planificación para lograrlos</i>	6.2	<i>Objetivos de continuidad de negocio y planes para alcanzarlos</i>
8	OPERACIÓN	8	OPERACIÓN
8.1	<i>Planificación y control operacional</i>	8.1	<i>Planificación y control operacional</i>
8.2	<i>Gestión del cambio</i>	8.2	<i>Evaluación de los riesgos y análisis del impacto en el negocio</i>
8.3	<i>Contrato a terceros</i>	8.3	<i>Estrategia de Continuidad</i>
		8.4	<i>Establecer e implementar procedimientos de continuidad de negocio</i>
		8.5	<i>Ejercicio y pruebas</i>

Requerimientos 6 y 8, ISO 55001, 2014 y ISO 22301,2012

EL RIESGO COMO FACTOR CLAVE DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS Y CONTINUIDAD DEL NEGOCIO

Con las claridad conceptual que se ha realizado en los apartados anterior pasaremos a revisar de qué manera, es posible entender que la norma ISO 55001, 2014, siga siendo el paraguas donde convergen muchas normativas internacionales, de allí que sea entendido por muchos por muchos autores que los sistemas de gestión pasan a complementar de una forma u otra los requerimientos planteados en la misma.

En este sentido tal como se plantea en el requerimiento **6.2.2. Planificación para lograr los objetivos de gestión de activos, (ISO 55001,2014):**

“La organización debe integrar las actividades de planificación para lograr los objetivos de gestión de activos con sus otras actividades de planificación organizacional, incluidas las funciones financieras y contables, de recursos humanos y otras funciones de apoyo.”

La organización debe asegurar que el plan de gestión de activos tome en cuenta los requisitos pertinentes provenientes de fuera del sistema de gestión de activos:

Epígrafe K. Las acciones para tratar los riesgos y oportunidades asociados a la gestión de activos, teniendo en cuenta de qué modo estos riesgos y oportunidades pueden cambiar con el tiempo, estableciendo procesos para:

- Identificar riesgos y oportunidades;
- Evaluar riesgos y oportunidades;
- Determinar la importancia de los activos para el logro de los objetivos de gestión de activos;
- Implementar el tratamiento adecuado, realizar el seguimiento de los riesgos y oportunidades.

La organización debe asegurarse de que sus riesgos relacionados con la gestión de activos se consideren dentro del enfoque de la gestión de

riesgos de la organización incluyendo la planificación de contingencias.

En este sentido la normativa es clara al establecer que la planificación de los objetivos del sistema de gestión de activos debe apalancarse en una adecuada gestión de los riesgos y para ello hace referencia a la Norma ISO 31000.

Es precisamente es este elemento donde la norma ISO 22301,2012. Continuidad del negocio, tiene una gran importancia, para ello vamos a citar el requerimiento **6.1 Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades (ISO 22301,2012):**

“La organización debe planificar acciones para manejar riesgos y oportunidades relevantes para el contexto de la organización (sección 4.1) y las necesidades y expectativas de las partes interesadas (sección 4.2), como forma de asegurar que el SGCN pueda lograr los resultados previstos, prevenir o mitigar las consecuencias no deseadas, y mejorar continuamente.”

Es decir que los objetivos siguen alineado a una adecuada gestión de riesgo y para ello se complementa con el requerimiento donde se profundiza está gestión de riesgo, **8.1 Planificación y control operacional (ISO 22301,2012);**, por lo que es entendido que:

“Para garantizar que los riesgos y las oportunidades se tratan adecuadamente (cláusula 6.1), y que se cumplan los requisitos de la norma, el SGCN debe definir criterios claros para planificar, implementar y controlar sus procesos, así como cualquier proceso externalizado relevante, y retener información documentada que se considere necesaria para dar confianza a los procesos que se están llevando a cabo y lograr sus resultados según lo planificado.”

“Estando enfocado en mantener la entrega de productos y servicios, el SGCN también debe considerar en su...”

...planificación y control el monitoreo de cambios planeados, y el análisis de impacto de cambios inesperados (MOC)(Req.8.3,ISO 55001), para poder tomar acciones para mitigar efectos adversos si es necesario”.

Tal como se plantea, en la práctica todos estos elementos incluyendo la gestión del cambio (MOC), se constituye como un elementos fundamentales dentro de la gestión de riesgo (Lárez,2017), que le aportaría mucho valor añadido al sistema de gestión de activo y para ello compartimos esta imagen enfoque en proceso del SGCN adaptada de (27001Acdey,2016).

Gestión del ciclo de vida continuidad del negocio



Figura1. Requerimientos 8, Control operacional ISO 22301,2012

PROCESOS DE GESTIÓN DE RIESGOS

Con frecuencia en nuestros procesos de consultoría nos encontramos con organizaciones donde la gestión de riesgo es llevada de forma aislada y en muchas otras, dependiendo del tamaño, es muy poco la gestión que se hace de ella, sin embargo en el sentido más práctico, la gestión de riesgo debe ser analizada dentro de la organización desde un enfoque holístico, sistémico y sistemático, de tal manera que evite a las diferentes áreas habilitadoras de la organización la duplicidad de estudios o planes o por el contrario riesgos existente sin ningún plan asociados (Lárez, 2016).

En este sentido ambas normativa internacional

(ISO 55001,2014 – ISO 22301,2012) plantean un enfoque común y una visión ampliada tanto en optimización de los costos de los planes asociados a la mitigación, así como una cobertura global de los riesgos (Rosemann and Vom Brocke, 2015). En ambos ambas normas está claramente marcado el enfoque de la planificación y la toma de decisiones para el logro de los objetivos basadas en el riesgo y cuyo marco de referencia debe ser la norma ISO 31000,2009. Gestión de Riesgos.

Por tal razón todas las decisiones del sistema de gestión de activos y del sistema de gestión para la continuidad del negocio, incluyendo la selección de los procesos, necesitan equilibrar los factores de competitividad: rendimiento, coste, riesgo y beneficio, y debe existir procesos para identificar y cuantificar los riesgos con el fin de incluirlos durante todo el ciclo de vida de los activos de la organización (Seager, et. al, 2013). Las herramientas para la identificación, evaluación, análisis y tratamiento de los riesgos de la organización deben ser coherentes con la estrategia, estar adecuada al contexto organizacional y debe ser aplicable en toda la organización (Galindo y Batta, 2013). Esto supone un beneficio añadido de reducir la cantidad de documentación que debe ser desarrollado y mantenido por los usuarios finales (Lárez, 2016).

Por tanto para ello es necesario gestionar el Riesgo tal como lo define la ISO 31000: 2009 - Gestión de Riesgos - Principios y Directrices. "Efecto de la incertidumbre en los objetivos". El proceso de evaluación de riesgos se inicia identificando en primer lugar los eventos de riesgo. La figura 2, muestra el proceso para llevar a cabo el proceso de gestión de riesgo.



Figura.2. Proceso para la gestión del riesgo, ISO 31000,2009

Todo lo anterior nos permite resumir que ambas normativas o sistemas de gestión se alinean claramente en cuanto a que las organizaciones deben establecer y apalancar su proceso en una clara visión estratégica, con unas políticas, objetivos y planes claramente definidos y direccionada a la consecución de los objetivos estratégicos bajo el adecuado paraguas de la una óptima gestión de riesgo. Para ello el enfoque en proceso se convierte en una herramienta de mejora fundamental que permita establecer un adecuado SGCN.

CONCLUSIONES

El uso del enfoque de proceso tiene una utilidad fundamental en la implementación de los sistemas de gestión, puesto que permite crear un vínculo entre requisitos, políticas, objetivos, desempeño y los planes de acción. Un enfoque de proceso es una buena manera de organizar y administrar actividades de continuidad de negocio que robustezcan el sistema de gestión de activos, para crear valor a la organización y otras partes interesadas.

El sistema de gestión de activos bajo los requerimientos de la norma ISO 55001, 2014 continúa siendo un paraguas donde se acogen y convergen diferentes sistemas de gestión para hacer de este más robusto.

El sistema de gestión para la continuidad del negocio bajo los requerimientos de la norma ISO 22301: 2012 proporciona a las organizaciones una clara guía y orientación para gestionar, mitigar y recuperarse de incidentes perturbadores con el objetivo final de lograr la resiliencia organizacional. Todos estos elementos están estrechamente relacionados con la capacidad de la organización para ofrecer satisfacción a sus clientes y satisfacer las expectativas de sus partes interesadas, al tiempo que protegen la capacidad de la organización para hacer negocios a largo plazo.

El planteamiento realizado en este escrito busca generar opciones de viabilidad durante los procesos de implementación, pero también ampliar el radio de acción en cuanto a las competencias necesarias que deben cubrir los auditores a la hora de evaluar los sistemas de gestión de activos.

El sistema de gestión para la continuidad del negocio, se erige como un marco de referencia que permita a las organizaciones establecer mecanismos para garantizar la resiliencia organizacional anhelada.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Campbell, J. D., Jardine, A. K., & McGlynn, J. (Eds.). (2016). *Asset management excellence: optimizing equipment life-cycle decisions*. CRC Press.
- 2) Galindo, G., & Batta, R. (2013). Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 230(2), 201-211.
- 3) Heiser, J., & Nicolett, M. (2008). Assessing the security risks of cloud computing. *Gartner report*, 2(8), 2-6.
- 4) Hamel, G., & Valikangas, L. (2004). The quest for resilience. *Revista Icade. Revista de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales*, (62), 355-358.
- 5) ISO 55000, 2014. *Asset Management. Overview, principles and terminology*. The British Standards Institution.
- 6) ISO 55001, 2014. *Asset Management. Management systems. Requirements*. The British Standards Institution.
- 7) ISO 22301, 2012. *Sistema de Gestión de la Continuidad del Negocio. Especificaciones*.
- 8) ISO 31000, 2010. *Gestión de Riesgos. Guía y Principios*.
- 9) Lárez, A. (2017, Marzo). Sinergia en la implementación de los sistemas de gestión (Activos y Calidad) de acuerdo al ANEXO SL. *Predictiva* 21. 3(20), 64-69.
- 10) Lárez, A. (2017, Abril). Mejores Prácticas, Gestión del Cambio. *MOC. Confiabilidad Industrial*. 8(19), 24-27
- 11) Lengnick-Hall, C. A. & Beck, T. E. (2003). *Beyond bouncing back: The concept of organizational resilience*. Seattle, WA: National Academy of Management meetings.
- 12) Meneghel, I., Martínez Martínez, I. M., & Salanova Soria, M. (2013). El camino de la Resiliencia Organizacional-Una revisión teórica. *Revista de Psicología*. 31(2), 13-24.
- 13) Park, J., Seager, T. P., Rao, P. S. C., Convertino, M., & Linkov, I. (2013). Integrating risk and resilience approaches to catastrophe management in engineering systems. *Risk Analysis*, 33(3), 356-367.
- 14) Rosemann, M., & vom Brocke, J. (2015). The six core elements of business process management. In *Handbook on business process management 1* (pp. 105-122). Springer Berlin Heidelberg.
- 15) Ruitenburg, R. R., Braaksma, A. J. J., & van Dongen, L. A. M. (2014). A multidisciplinary, expert-based approach for the identification of lifetime impacts in asset life cycle management. *Procedia CIRP*, 22, 204-212.
- 16) Salanova, M. (2009). Organizaciones saludables, organizaciones resilientes. *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, 58, 18-23.
- 17) Svata, V. (2013). System view of business continuity management. *Journal of Systems Integration*, 4(2), 19.
- 18) Wildavsky, A. (1988). *Searching for safety*. New Brunswick, NJ: Transaction Books
- 19) 27001 Academy, 2016. *Clause by clause explanation of ISO 22301*. Advisera Expert Solutions Ltd.

AUTOR:

ALEXIS LÁREZ ALCÁZAREZ; CMRP

Consultor Senior Gestión de Activos,
Mantenimiento y Confiabilidad

XIX

CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

Bogotá 2017

La Asociación Colombiana de ingenieros (ACIEM) celebra del 16 al 18 de Agosto la XIX edición del Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos en la ciudad de Bogotá en Colombia. El propósito de sus organizadores no es más que continuar generando conocimiento en las áreas de Mantenimiento Industrial y Gestión de Activos para nutrir y aportar aprendizaje a la comunidad ingenieril local e internacional.

Dentro del temario del congreso existen diversas áreas a desarrollar en conferencias, cursos, ponencias técnicas y casos prácticos entre las que se destacan: Gestión de Activos, Sistemas, Desarrollo sostenible, Gestión Financiera, Talento Humano, Mantenimiento y Confiabilidad Operacional.

Así mismo este evento ofrece una gran exposición de empresas del sector conocida como EXPOMANTENER, donde las compañías locales e internacionales dan a conocer las últimas tendencias corporativas teóricas prácticas de la rama. También se estarán ofreciendo los exámenes para las distintas certificaciones internacionales.

Entre los expositores más destacados que se darán cita en Bogotá están: Gerardo Trujillo Presidente del Copiman (México) , Tibaire De Pool (España), Juan Pedro Maza (España) , Steve Hillock (USA), William Oria (Perú – Alemania), Mario Solari (Argentina) entre otros.

Otro de los atractivos que tendrá la XIX edición del congreso será el premio ACIEM a la ingeniería de Mantenimiento, que se otorga a las tres mejores ponencias presentadas durante el evento, en las categorías de gran empresa, mediana y pequeña.

Maite Aguirrezabala/ Predictiva21



 XIX Congreso Internacional
de Mantenimiento
y Gestión de Activos

 EXPO
MANTENER
2017

AGOSTO 16, 17 Y 18

Corferias - Pabellón 8



A photograph of an industrial refinery or chemical plant at sunset. The sky is a mix of orange, yellow, and blue. Several tall distillation columns and complex piping systems are visible, with some lights glowing from within the structures.

OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS BASADO EN CONFIABILIDAD

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial desde los años 80 ha jugado un papel preponderante dentro de las actividades de un sistema productivo, tomando en cuenta que la gerencia y administración óptima del mantenimiento incide directamente sobre la rentabilidad en el ciclo de vida de los activos y como consecuencia se traduce en un mayor beneficio económico para el negocio. Uno de los pilares fundamentales para la excelente gestión del mantenimiento está representado por una adecuada administración del inventario de partes, repuestos y consumibles con la finalidad de cubrir la demanda requerida para los mantenimientos planificados o eventos no deseados que ocurren en el sistema productivo. El problema principal que se presenta en la administración del inventario es que en muchas ocasiones una gran parte del presupuesto de funcionamiento de cada empresa es desperdiciado en exceso de inventario.

Entre las características más resaltantes de ese comportamiento típico se tiene que solamente entre el 5 % y el 10 % de los artículos son utilizados frecuentemente y por tanto tienen una demanda pronosticable. El resto, entre 90 % y 95 %, son artículos cuya demanda es muy baja y por tanto su pronóstico resulta complejo y se

dificulta su ejecución por métodos convencionales. Otro aspecto muy importante a considerar es que alrededor del 5 % de los materiales almacenados representa alrededor del 80 % del valor total del inventario.⁽¹⁾

Aunado a esto según las estadísticas alrededor del 25 % de las veces, el personal de mantenimiento sale del almacén sin los artículos o cantidades solicitadas. Cerca del 10 % del material comprado hoy será material en exceso dentro de un año y alrededor del 5 % del material comprado hoy nunca será utilizado.

Con base a esto el presente trabajo propone una metodología para la estimación de los niveles de inventario óptimos para repuestos o partes de baja rotación, mediante la aplicación de la Metodología Optimización Costo Riesgo con la finalidad de alcanzar la máxima rentabilidad en este rubro.

OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS

La optimización de inventarios surge como una necesidad de lograr un balance financiero del número de partes o repuestos que se deben tener el almacén para mitigar las fallas de los equipos y cubrir la demanda de los mantenimientos planificados, evitando así incurrir en grandes pérdidas monetarias; por lo

que constituye un punto de gran relevancia en la rentabilidad de cualquier organización.

Según Custodio José de Piño Brito entre los resultados más comunes que se obtienen al lograr el cumplimiento de este objetivo, se tienen los siguientes:

- Listados optimizados de partes y repuestos por equipos y por nivel de mantenimiento (BOM: Bill Of Materials).
- Catálogos de partes y repuestos para los equipos.
- Optimizar los registros de ítem catalogados en el sistema computarizado de inventario de la empresa.
- Establecer políticas y estrategias para la gestión de inventarios.
- Integración entre las funciones de la Organización de Mantenimiento y la Organización de Materiales.
- Incremento a niveles Clase Mundial de los indicadores de Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de los activos empresariales.
- Identificar y establecer estrategias y convenios con los proveedores de partes y repuestos.
- Optimizar y controlar los costos operativos y de mantenimiento.
- Expectativas de ahorros en inventarios entre 10% – 30% (indicadores Clase Mundial).

Uno de los principales problemas que enfrentan las organizaciones en relación a los inventarios, es el manejo de las partes o refacciones que son de muy baja rotación, generalmente conocidos como “inventarios estratégicos”. Estos generalmente se diferencian de los de alta rotación por las siguientes características:

- Altos costos de adquisición.
- Baja frecuencia de utilización (demanda menos de una a cinco ocasiones por año).
- Demanda con comportamiento aleatorio.
- Partes o refacciones que requieren un tiempo largo de entrega por parte de los proveedores.

- Repuestos que al fallar ocasionan altos impactos económicos si no están disponibles en almacén.

Con base a lo anterior se puede entrever que estos repuestos generalmente tienen muy altos costos de adquisición y mantenimiento en almacén para mantener las condiciones óptimas requeridas del mismo al momento que sea requerido; por lo que ocupan gran parte del presupuesto destinado al inventario.

Según John Woodhouse las aproximaciones usadas para la toma de decisiones sobre los repuestos de baja rotación se clasifican en cuatro categorías que desde una perspectiva evolutiva, son:

- Las recomendaciones de fabricantes (a veces “filtradas” por el juicio de diseño).
- Las aproximaciones de EOQ y la regla “del dedo pulgar”. (Ejemplo $VN + 1$, donde N es número unidades instaladas)
- Los cálculos de disponibilidad objetivo: cálculos probabilísticos a menudo basados en simulación y equipados para lograr un nivel de servicio predeterminado, como 90, 95 ó 99 por ciento.
- El costo del total óptimo y los cálculos de riesgo: también es probabilístico, pero colocando precio al impacto por indisponibilidad, para que el nivel de servicio correcto (óptimo) pueda identificarse.

De esta manera, con la finalidad de obtener el número óptimo de repuestos de baja rotación, uno de los enfoques más precisos y utilizados consiste en ubicar el balance entre los costos en que se incurre por la adquisición y mantenimiento del repuesto el almacén; y los probables riesgos en que se incurriría de ocurrir una falla del repuesto y no tener disponibilidad en almacén del mismo; entendiéndose riesgo traducido en unidad monetaria.

Este impacto total en el negocio es una combinación de costos por adquisición y

almacenaje del repuesto y de los costos por riesgo de falta de inventario. Cuando esta combinación está en un mínimo, la tenencia del número óptimo de repuestos se ha identificado.

NÚMERO OPTIMO DE REPUESTOS (OPTIMIZACIÓN COSTO-RIESGO)

Este análisis permite determinar a través de la aplicación de la metodología OCR (Optimización Costo-Riesgo), la cantidad óptima de repuestos con bajo índice de rotación cuyas consecuencias por ausencia de estos repuestos son operacionales y deben ser almacenados en inventario local. Con ello se logra contar, con los repuestos necesarios para el mantenimiento y las operaciones de forma óptima y con el mínimo riesgo; apuntando al incremento de la disponibilidad y confiabilidad operacional de las instalaciones de la empresa y optimizar los costos de mantenimiento. (2)

La metodología Optimización Costo Riesgo aplicada a niveles de inventario consiste en minimizar el impacto total entre el riesgo por la falta del repuesto en el momento que se requiera y el costo de tenencia del repuesto en almacén. El riesgo o costo por indisponibilidad es aquel que se deja de percibir por las

insuficiencias para cubrir las fallas o mantenimientos programados debido a la falta de repuestos en almacén. El riesgo se reduce por el aumento de inventario como se puede observar en la Figura No. 1. El costo por la tenencia del repuesto incluye todos los costos derivados de la adquisición y almacenamiento del repuesto en almacén. Al contrario del Riesgo, este costo aumenta con la cantidad de inventario.

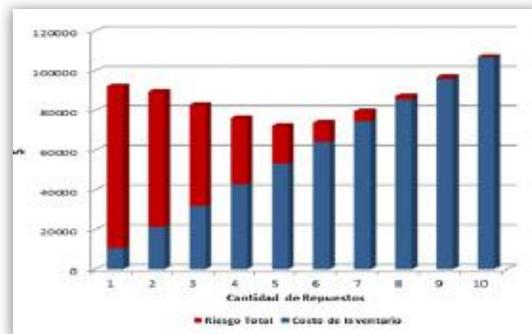


Figura 1. Modelo de Optimización Costo - Riesgo de Inventarios.

En la figura 2 se muestra un esquema/mapa que describe en términos generales el modelo de optimización; cuyo procedimiento se irá describiendo posteriormente.

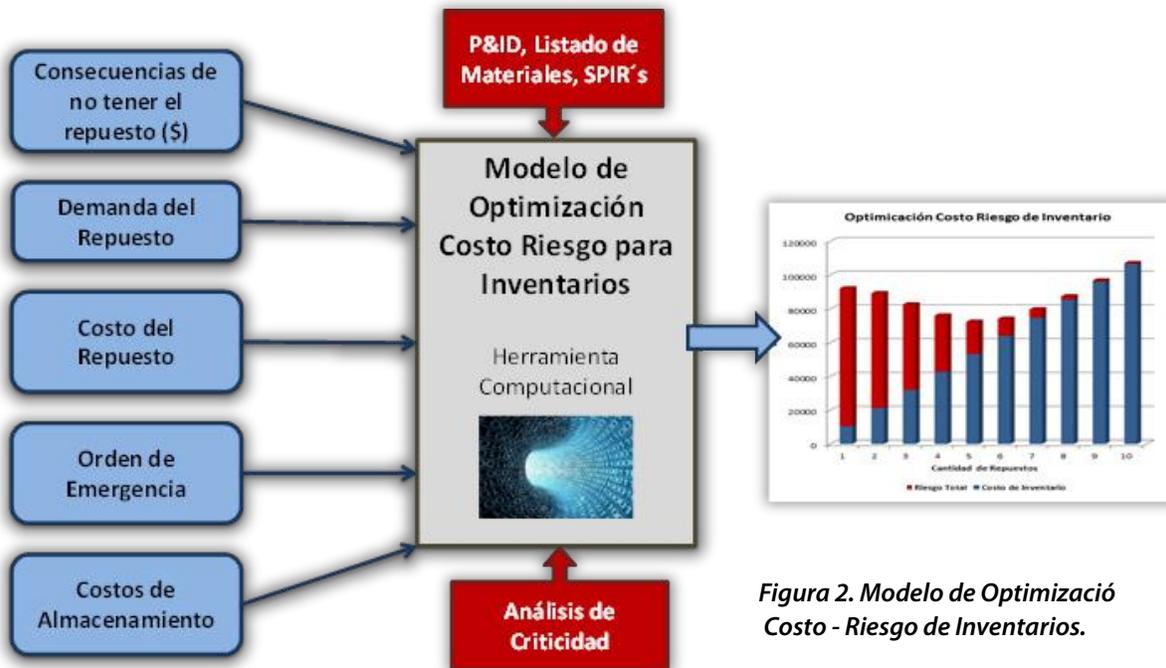


Figura 2. Modelo de Optimización Costo - Riesgo de Inventarios.

FASES PARA LA ESTIMACIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE REPUESTOS

En la Figura 3 se muestran las diferentes fases que se sugieren para llevar a cabo la estimación del número óptimo de repuestos bajo la Metodología Optimización Costo Riesgo. Estas fases se detallan a continuación.

Identificación y Determinación del Listado de Repuestos Críticos

Esta fase parte de la identificación de los equipos principales a cuyos repuestos se les realiza el Análisis de Optimización Costo-Riesgo. Generalmente, el criterio de selección de los equipos está asociado a los resultados de los análisis de diagnóstico de confiabilidad integral de sistemas, es decir, se seleccionan los equipos de mayor criticidad ó de mayor incidencia sobre la indisponibilidad del sistema.

Entre los criterios de selección de partes y/o repuesto a analizar se encuentran:

- Repuestos que generan alto impacto al fallar.

- Repuestos de baja demanda o demanda impredecible.
- Larga duración en almacén.
- Reposición inmediata.
- Repuestos de difícil adquisición.
- Repuestos con altos costos de adquisición.
- Repuestos con largo tiempo de entrega.

Recopilación y Análisis de la Información del Sistema, Equipos y Repuestos.

Esta es una de las etapas más importantes del proceso, los resultados finales obtenidos son altamente dependientes de la calidad de la información recopilada y empleada para el análisis. Está conformada por las siguientes tareas:

Recopilación de la Información.

Mediante esta fase se recopila la información disponible para la generación de una base de datos de partes y repuestos a ser analizados. Se

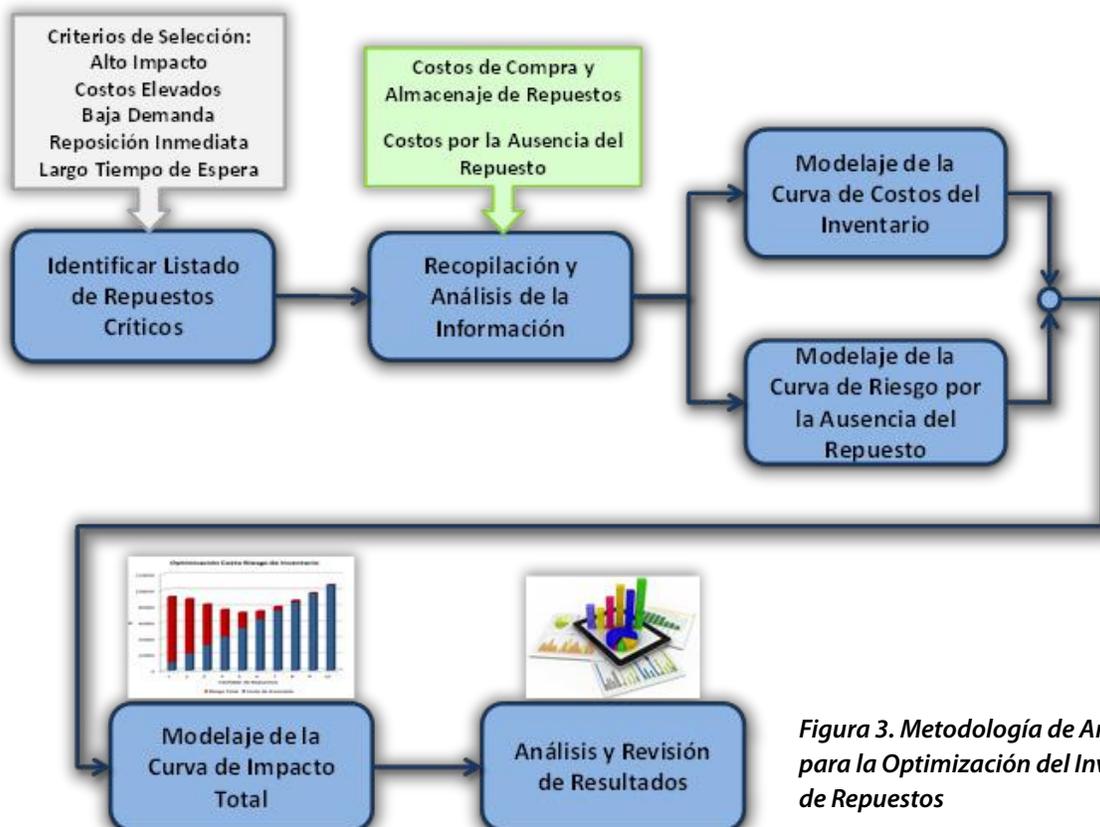


Figura 3. Metodología de Análisis para la Optimización del Inventario de Repuestos

recurre a las siguientes fuentes:

- Manuales de equipos.
- Catálogo de repuestos.
- Registros de mantenimientos.
- Fabricante y proveedores de los equipos seleccionados para el análisis.
- Registros/Reportes de evidencia de movimientos, existencias y costos de materiales.
- Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad (RAM).
- Opinión de expertos.
- Internet.

La Base de Datos es una herramienta en donde se almacena la información individual de cada repuesto o parte que ha sido definido bajo estándares pre-establecidos. Es la fuente principal de información para la aplicación del modelo en donde cada dato equivale a un registro identificado, analizado, y validado. Su estructura se hace en función de la información general del repuesto y las variables de entrada del Modelo de Optimización Costo-Riesgo de partes y repuestos.

Es importante la clasificación sistemática de los ítems o renglones de acuerdo a los equipos asociados, uso y naturaleza, y la generación de descripciones homologadas y consolidadas para aquellos ítems donde exista intercambiabilidad de repuestos o ítems especiales⁽⁴⁾.

Contenido de la Base de Datos de Partes y Repuestos ⁽⁴⁾

a. *Información General del Repuesto:* Código Almacén, Descripción, Fabricante y Número de Parte.

b. *Información de Equipos Principales:* TAG del Equipo (todos los equipos donde se puede usar el repuesto tomando en cuenta la Intercambiabilidad), Descripción del Equipo, Número de Equipos Instalados (cantidad de equipos que usan el repuesto), Número de Equipos Requeridos (cantidad de equipos requeridos para la operación

normal que usan el repuesto).

c. *Información de Repuestos Instalados:* Cantidad de Repuestos por Equipo, Horas Anuales de Operación del equipo principal que utiliza el repuesto.

d. *Política Actual de Inventario:* Cantidad de Repuestos Disponibles en Almacén para el momento del análisis.

e. *Análisis de Tiempos:* Vida Útil del Repuesto en el Almacén, Tiempo Normal de Entrega del Repuesto, Tiempo Mínimo de Entrega del Repuesto pedido como urgente, Tiempo efectivo de reparación del equipo debido a la falla del repuesto.

f. *Demanda Anual del Repuesto (DA):* esta información se puede levantar de histórico de movimientos del repuesto o por opinión de experto. En defecto de estos dos, Se puede tomar la información de un archivo de data genérica.

Si no se tiene la Data Histórica de movimientos por fallas del repuesto, la Demanda puede ser estimada a través de la siguiente relación:

$$D = \frac{\text{Nro. fallas del Equipo} / \text{Periodo de tiempo de las fallas (años)}}{\text{Cantidad de Equipos}} \quad (\text{Ec. 1})$$

En el caso de repuestos que sean utilizados por más de un equipo (intercambiables) y no posean la misma demanda, para consolidar este ítem es necesario hacer un promedio ponderado de la demanda:

$$D_c = \frac{(D1 * NUR1 + D2 * NUR2 + \dots)}{(NUR1 + NUR2 + \dots)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

- Dc = Demanda del repuestos consolidado
- D1 = Demanda de Equipo 1
- D2 = Demanda de Equipo 2
- NUR1 = No Unidades Requeridas de Equipo 1
- NUR2 = No Unidades Requeridas de Equipo 2

g. *Costo de la Orden por Emergencia:* Costo de la orden de pedido por emergencia, dado que no se dispone del repuesto en almacén al momento de ocurrir una falla del equipo que lo utiliza.

h. *Costos Asociados al Repuesto: Costo del Repuesto:* Es el costo total de adquirir el repuesto e incluye los costos asociados a la orden de compra, precio según proveedor, transporte/entrega, costos internos de manipulación y aseguramiento de la calidad, expresado en unidades monetarias. *Costos de Mantenimiento y Almacenamiento del Repuesto:* Incluyen costo de almacén, impuestos, depreciación, obsolescencia y mantenimiento. La práctica mundial recomienda valores que oscilan entre el 5 y 10% del costo del repuesto y el valor recomendado por Woodhouse Partnership oscila entre 3% - 10% del costo del repuesto.

i. *Costos por Fallas del Equipo debido a la ausencia del repuesto analizado: Costo de Reparación de Equipo:* Constituye el costo de materiales y/o suministros, logística, mano de obra y recursos en que se incurre por la reparación del equipo debido a la falla del repuesto. Costos por pérdidas de producción generadas por la falta del repuesto en almacén al momento de presentarse su falla. Costos por el impacto en Seguridad Higiene y Ambiente a causa de la falla del equipo debido a la ausencia del repuesto.

Análisis de la Información

Una vez obtenida la información requerida se lleva a cabo el tratamiento y análisis de la

misma con la finalidad de generar como producto las listas de los repuestos y partes de los equipos principales que conformaran la Base de Datos. En esta etapa se identifican los ítems repetidos, obsoletos, desincorporados o intercambiables. Adicionalmente, se debe verificar que las descripciones generadas para los ítems activos posean las características primordiales establecidas en el proceso de optimización. Una vez identificados los ítems se valida la información recopilada. (4)

Para la obtención de las curvas de Costo del Repuesto y Riesgo por la Ausencia del Repuesto, se debe escoger los valores a graficar en el eje X del gráfico mostrados en la figura 1 referente a la cantidad de repuestos en Almacén que se evaluarán, tomando en cuenta la demanda establecida.

Modelaje de la Curva de Costos del Inventario

Para el modelaje de la curva costos de repuesto se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$CI = N * CR * CMA \quad (Ec. 3)$$

Donde:

CI: Costo del Inventario.

N: Número de Repuestos.

CR: Costo del Repuesto.

CMA: Costos de Mantenimiento y Almacenamiento del Repuesto.

En la tabla No. 1 se muestran los datos para un repuesto analizado, cada una de las variables se modela estadísticamente, y como resultado para la evaluación de los costos se obtiene la gráfica mostrada en la figura No. 4 refiriéndose a las medias de las distribuciones de probabilidad obtenidas.

Costo del Repuesto			Costo de Almacenamiento (6 -10)%		Impuestos(3-10)%		Depreciación (3 - 10)%		Obsolescencia (2-5)%		Costos de Mantenimiento (15-47)%	
Minimo	Mas Prob.	Maximo	Minimo	Maximo	Minimo	Maximo	Minimo	Maximo	Minimo	Maximo	Minimo	Maximo
1.000,00	2.000,00	3.000,00	120,00	200,00	60,00	200,00	60,00	200,00	40,00	100,00	300,00	940,00

Tabla 1. Datos Costos de Inventario.



Figura 4. Curva de Costos de Inventario.

Modelaje de la Curva de Riesgo por Ausencia del Repuesto

El riesgo expresado matemáticamente es la relación entre la probabilidad que un evento no deseado ocurra y las consecuencias económicas de dicho evento, en este caso el evento será la indisponibilidad del repuesto cuando este es requerido.

Al momento de estimar los impactos se debe considerar la filosofía operacional del equipo o sistema y cualquier flexibilidad operacional asociada a este que permita eliminar o mitigar el impacto por su indisponibilidad.

Es muy probable es que en los análisis a realizar se encuentren repuestos que están instalados en equipos totalmente diferentes desde el punto de vista de proceso, mantenimiento e impacto en producción; de allí surge la necesidad de emplear un método que nos permita estimar de manera global los impactos

considerando las variantes entre los diferentes equipo(s) y/o sistema(s) donde se encuentre instalado el repuesto. (4)

Una de las prácticas más comunes es determinar el impacto ponderado para el repuesto considerando la cantidad de unidades instaladas en cada uno de los equipos que lo comparten y sus impactos particulares. De esta manera, el Riesgo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R = PD > I * (IP + IS + IA + IR) \quad (Ec. 4)$$

Donde:

R: Riesgo de no contar con el repuesto cuando es requerido.

PD>I: Probabilidad de que la demanda del repuesto supere el inventario en almacén.

IP: Impacto Económico en la producción (pérdidas de producción por la indisponibilidad del repuesto).

IS: Impacto Económico en Seguridad por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

IA: Impacto Económico Ambiental por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

IR: Impacto Económico de la Reparación por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

En la tabla No. 2 se muestran los datos para un repuesto analizado, cada una de las variables se modela estadísticamente, y como resultado para la evaluación de los riesgos se obtiene la gráfica mostrada en la figura No. 5 refiriéndose a las medias de las distribuciones de probabilidad obtenidas.

Impacto económico en producción por falla del repuesto (\$)			Impacto económico en seguridad por falla del repuesto (\$)			Impacto económico Ambiental por falla del repuesto (\$)			Impacto económico por la reparación del equipos (\$)		
8000	9500	11.451,05	7.350,00	10.500,00	14.175,00	14.000,00	20.000,00	34.000,00	31.487,40	44.982,00	76.469,40

Tabla 2. Datos Riesgos de la falta de Inventario.

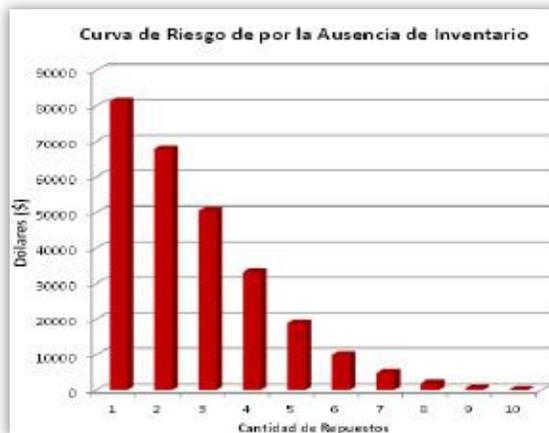


Figura 5. Curva de Riesgo por la Ausencia del Inventario.

Estimación del Número Óptimo de Repuestos

Una vez obtenida la curva de Costos del Inventario y la Curva de Riesgo por la Ausencia de Inventario se suman punto a punto ambas curvas para obtener la Curva de Impacto Total, cuyo punto de inflexión indicará el número óptimo de repuestos.

De modo que, la metodología determina que repuestos se deben mantener en inventario y en qué cantidad, para cada nivel de exposición al riesgo; encontrando la combinación óptima o adecuada de costos de propiedad y riesgo asumido, siendo este el punto en donde se genere el mínimo "Impacto Total del Negocio" a través del método "que pasa si" permitiendo evaluar distintas opciones tales como(4):

- Posibilidad de reducir inventario, o en el caso en que el nivel de riesgo asumido (penalidad por indisponibilidad del repuesto) sea inaceptable, que cantidad de repuestos adicionales se deben mantener.
- El impacto de sub o sobre carga de repuestos en inventario.
- La sensibilidad de la data y los resultados con relación a la data.
- Opciones de proveedores (precios, tiempos de entrega).
- Opciones para un "pool" de repuestos (intercambiabilidad).

En la figura 6 se muestra la Curva de Impacto Total como resultado de la suma de las curvas

de Costo de Inventario y Riesgo por la Ausencia de Inventario. También se muestra el perfil estocástico del Impacto Total, lo que permite conocer las pérdidas económicas asumidas para cada número de repuestos que se decida tener en inventario en almacén, siendo el más óptimo el punto de inflexión de dicha curva.

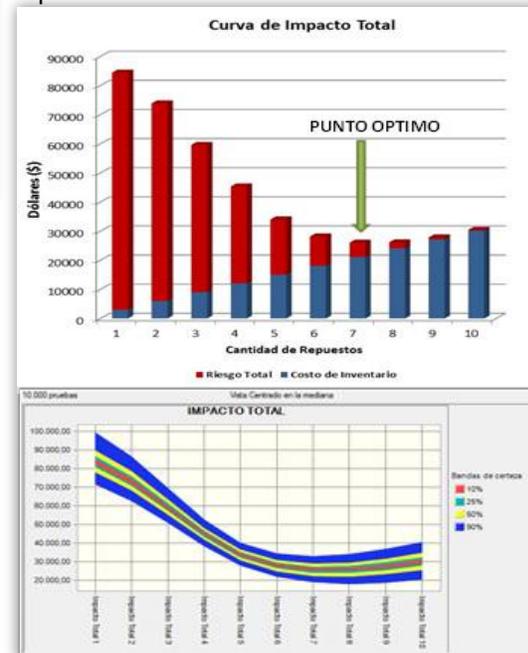


Figura 6. Estimación del Número Óptimo de Repuestos.

Bibliografía.

- 1.- La Optimización de los Inventarios en Mantenimiento. José Contreras Marquez. <http://mantenimientoeficiente.com/wp-content/uploads/2016/05/CONTRERAS-JOS%C3%89-La-optimizaci%C3%B3n-de-los-inventarios-en-mantenimiento.pdf>
- 2.- Optimización de Inventarios de Partes y Repuestos para el Mantenimiento. Custodio José de Piño Brito. Revista Digital Predictiva 21 Año 1, N° 1, Diciembre 2013. <http://predictiva21.com/editions/e1/index.html#p=6>
3. Cálculo de Repuestos Críticos. John Woodhouse. Revista Digital Énfasis 01/02/2005. <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/3833-calculo-repuestos-critico>.
4. Optimización Costo - Riesgo de Partes y Repuestos de Inventario. Yoleida Chacón/Any Balza. R2M S.A. Reliability and Risk Management. 2012.

AUTORES:
EDWIN GUTIERREZ
edwin.gutierrez.ca@gmail.com
MARÍA TERESA ROMERO
romeromariatr@gmail.com



CRITERIO DE PROBABILIDAD DE FALLA ACEPTABLE COMO PREMISA PARA EL REEMPLAZO DE SEGMENTOS DE TUBERIA EN GASODUCTO DE 10" Ø

INTRODUCCION

A medida que transcurren los años de operación en los gasoductos el deterioro de la integridad mecánica se convierte en una amenaza importante para las empresas en la industria del petróleo y gas, uno de los factores que mayor incide en la integridad de las líneas es el mecanismo de corrosión, tanto interna como externa, esta amenaza se hace aun mayor cuando los métodos de control de corrosión están ausentes o trabajan deficientemente (Tratamiento Químico, Protección Catódica, Revestimiento). Por lo anteriormente mencionado al ingeniero de confiabilidad se le presentan las siguientes interrogantes: ¿Como saber si un gasoducto todavía brinda confiabilidad en el transporte del gas desde el punto de vista de integridad mecánica?, ¿Existe algún valor de referencia de probabilidad de falla aceptable?, de ser así ¿Existe alguna norma que proponga una referencia?. En el análisis que se muestra a continuación, se determino mediante la metodología de física del deterioro y esfuerzo-resistencia la probabilidad de falla de un gasoducto de 10" Ø en función de la información proveniente de inspecciones instrumentadas, visuales y reparaciones realizadas, con el fin de cotejar los resultados obtenidos con los valores de probabilidad de falla aceptables propuesto por la Norma

DNV-OS-F101 y así identificar los segmentos de tubería que representan mayor impacto en la confiabilidad del activo.

TERMINOS BASICOS

Distribuciones Parametricas: son funciones matemáticas teóricas, que describen la forma en que se espera que varíen los resultados de un experimento, es decir, funciones matemáticas que relacionan los diversos probables valores que puede tomar una variable aleatoria, con la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos.

Análisis Esfuerzo – Resistencia: El análisis Esfuerzo-Resistencia tiene como premisa el hecho de que las fallas son el resultado de una situación donde el esfuerzo aplicado excede la resistencia, además son usados en el sentido más amplio de la palabra; es decir, el esfuerzo pudiera ser la presión de operación, mientras la máxima presión de operación permisible sería la resistencia.

Punto Caliente de Corrosión: Son aquellas zonas de la tubería con gran acumulación tanto de indicaciones de corrosión, como un alto porcentaje de área corroída en función de las indicaciones totales de la tubería y el área corroída total respectivamente.

Estado Límite: Se define como un estado más allá del cual la estructura ya no satisface un diseño particular requerido.

NOMENCLATURA

tremamente = Espesor Remanente (pulgadas)
 t = Espesor de pared de Tubería (pulgadas)
 d = Profundidad Simulada de la indicación (pulgadas)
 do = Profundidad Actual de la indicación (pulgadas)
 L = Longitud Simulada de la indicación (pulgadas)
 Lo = Longitud Actual de la indicación (pulgadas)
 Vc = Velocidad de Corrosión (pulgadas /año)
 Vcl = Velocidad de Corrosión Longitudinal (pulgadas /año)
 M = Factor de Folias
 Sflow = Esfuerzo de Flujo (Psi)
 Sf = Esfuerzo de Falla (Psi)
 So = Esfuerzo de Operación (Psi)
 Pf = Presión de Falla (Psi)
 Z = Función de estado Límite
 Pr = Probabilidad de Falla
 S = Esfuerzo
 R = Resistencia
 D = Diámetro Externo de Tubería (pulgadas)

DESCRIPCIÓN DEL GASODUCTO

A continuación se presentan las características principales del sistema a evaluar.

Tipo de Tubería: API 5L Grado B Sin Costura PSL 1
 Diámetro 10" Ø
 Espesor de Pared: Schedule 40 (9,52 mm)
 Fecha de Construcción: 1966
 Tipo de Soldadura: Circunferencial ERW
 Tipo de Revestimiento: Polietileno de Alta Densidad
 Fluido de Trabajo: Gas Natural
 Longitud total (Km): 19.2 Km
 Válvulas de Bloqueo: 08
 Capacidad Máxima de Diseño: 80 MMPCND
 Presión de Operación: 300 psi
 Presión de Diseño: 1030 psi

METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DE

PROBABILIDAD DE FALLA BASADO EN FISICA DEL DETERIORO Y ESFUERZO-RESISTENCIA

Tomando como base los datos obtenidos en la corrida instrumentada realizada en el 2005, se procedió a realizar una simulación de crecimiento en profundidad desde el año 2005 al 2025, en las indicaciones con pérdida de espesor mayor o igual al 50%. Esta simulación de crecimiento se basa en la premisa de que los sistemas de protección contra la corrosión (Revestimientos, SPC) no han mitigado de manera eficiente el avance de corrosión interna y externa desde los resultados de la última inspección al presente (Peor escenario), por lo que las profundidades de pérdida de metal experimentaron un aumento a la velocidad de corrosión estimada.

Con las variables parametrizadas como se mostrara más adelante y las velocidades de corrosión definidas, se procedió a calcular la progresión de las indicaciones en el tiempo de estudio, por medio de las ecuaciones mostradas a continuación:

$$t_{\text{remanente}} = t - d$$

$$d = d_0 + Vc * \text{tiempo}$$

$$L = L_0 + Vcl * \text{tiempo}$$

Luego de simular la progresión de la indicación en el tiempo, se procedió a determinar los valores de confiabilidad y probabilidad de falla del gasoducto mediante un análisis de Esfuerzo-Resistencia se utilizo las ecuaciones propuestas por la norma ASME B31G 2012, las cuales sirven para determinar el esfuerzo remanente en tuberías corroídas.

La norma ASME B31G establece las ecuaciones para el esfuerzo de falla considerando un factor de Folias diferente de acuerdo a la longitud del defecto:

Para $z \leq 50$

$$M = (1 + 0.6275z - 0.003375z^2)^{1/2}$$

Para $z > 50$

$$M = 0.032z + 3.3$$

$$z = \frac{L^2}{Dt}$$

Esfuerzo de Falla (Sf) y Presión de Falla (Pf):

$$Sf = S_{flow} \left[\frac{1 - 0.85 \left(\frac{d}{t} \right)}{1 - 0.85 \left(\frac{d}{t} \right) / M} \right] \quad Pf = \frac{Sf * 2 * t}{D}$$

Esfuerzo de Operación (So):

$$So = \frac{MOP * D}{2t}$$

El modelo Esfuerzo (S) – Resistencia (R) utilizado de acuerdo con la Norma ASME 31G 2012 es el siguiente, por lo cual la función de estado limite queda de la siguiente manera:

$$Z = \frac{S}{R} = \frac{So * FS}{Sf}$$

Donde todo valor por debajo de la unidad nos describe un escenario confiable, caso contrario nos describe un escenario de falla.

Probabilidad de falla de una indicación:

$$P_r(Z > 1) = P(S > R)$$

Donde la probabilidad de falla para los segmentos de tubería y del gasoducto completo es:

$$P_r = 1 - (1 - P_{r1}) * \dots * (1 - P_m)$$

Para la evaluación del gasoducto se procedió a seccionar el mismo en seis (6) segmentos esto con el fin de evaluar cada uno de estos bajo el contexto operacional al cual se encuentran sometidos (Puntos Calientes, Tipo de Terreno, Tramo Enterrado o Superficial). Ver Figura N°1.

Debido a lo mencionado anteriormente se procedió a utilizar la metodología de puntos calientes para identificar las áreas de concentración de corrosión y así poder diferenciar los segmentos, además de los puntos calientes para ubicar las zonas de corrosión mas activas a lo largo del gasoducto se tomo en cuenta zonas enterradas y superficiales, reemplazos realizados y cambio de rutas.

Una vez realizada la metodología de puntos calientes el gasoducto fue segmentado tal como se muestra en la tabla N°2.

Paralelamente se procedió a seleccionar las indicaciones mas criticas en el gasoducto según la corrida instrumentada por el método de MFL (Magnetic Flux Leakage) efectuada en el año 2005, para estos se seleccionaron todas aquellas indicaciones con una perdida de espesor mayor al 50 %, totalizando 300 indicaciones a ser evaluadas mediante la metodología descrita, estas indicaciones se encuentran ubicadas a lo largo del gasoducto y distribuidas en los seis (6) segmentos identificados para el análisis.

Para cada cálculo realizado en el presente análisis se utilizaron variables aleatorias para representar el comportamiento de las

Tabla N°2. Segmentación para el Análisis de Gasoducto

Segmento	Inicio	Fin	Enterrado	Punto Caliente	Reemplazado (1999)	Enterrado (2002)
1	0	4377.62	Si			
2	4377.62	8000	Si			Si
3	8000	11521.27	Si	Si		Si
4	11521.27	15254.97		Si		
5	15254.97	18000	Si		Si	
6	18000	19280	Si		Si	

indicaciones bajo un enfoque probabilístico. De esta manera conociendo la incertidumbre asociada a cada una de las variables presentes podemos calcular de manera más realista la confiabilidad y probabilidad de falla del gasoducto. A continuación se presentan las distribuciones de probabilidad utilizadas con sus parámetros de forma.

Tabla N°3. Valores y Distribuciones de Probabilidad

Variable	Distribución	Unidad	Nominal	Media	Desviación Estándar
Diámetro	Normal	Pulg.	10.75	10.75	0.06288
Espesor	Normal	Pulg.	0.365	0.390	0.07599
Esfuerzo de Fluencia	Valor Constante	Psi	35500	N/A	N/A
Vc Segmento 1	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.00194	0.00059
Vc Segmento 2	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.00178	0.00057
Vc Segmento 3	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.00212	0.00089
Vc Segmento 4	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.00184	0.00067
Vc Segmento 5	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.01199	0.00491
Vc Segmento 6	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.0159	0.00572
Vcl Segmento 1	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.04520	0.03012
Vcl Segmento 2	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.04711	0.04503
Vcl Segmento 3	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.05255	0.05645
Vcl Segmento 4	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.04596	0.04295
Vcl Segmento 5	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.22871	0.15469
Vcl Segmento 6	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.24046	0.17538
Vc Interna	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.00134	0.00071
Vcl Interna	Log-Normal	Pulg./Año	N/A	0.03097	0.01927
Máxima Presión de Operación (MOP)	Valor constante	Psi	300	N/A	N/A

Nota: Vc. Velocidad de Corrosion Profundidad, Vcl: Velocidad de Corrosión Longitudinal

Teniendo las distribuciones de probabilidad definidas, así como las indicaciones por corrosión externa a analizar se prosiguió a realizar el calculo de probabilidad de falla para el gasoducto, estos valores se comparan con los establecidos en la Norma DNV-OS-F101 la cual establece valores permisibles de probabilidad de falla de acuerdo a las condiciones del

gasoducto (entorno y producto manejado).

Tabla N°4. Clases de Seguridad y Probabilidad de Falla Anual Objetivo para Estado Limite Ultimo

Clase de Seguridad	Probabilidad de falla objetivo Anual
Alta	$< 10^{-5}$
Normal	$< 10^{-4}$
Baja	$< 10^{-3}$

Fuente: Norma DNV-OS-F101

Según la norma DNV-OS-F101 la clase de seguridad "Alta" deberá ser usada para áreas con frecuente actividad humana, razón por la cual en el presente estudio el objetivo de probabilidad de falla para estado límite último es $< 10^{-5}$.

PREMISAS

- Todos los datos de indicaciones presentes en este estudio fueron obtenidos de inspección instrumentada realizada en el año 2005.
- Los objetivos de probabilidad de fallas fueron establecidos de acuerdo a la norma DNV-OS-F101 donde se establece una probabilidad de falla admisible para estado limite ultimo, cabe mencionar que el estado ultimo para tuberías seria colapso y/o fuga, es decir, la perdida de contención del recipiente.

Objetivo de Probabilidad de Falla para Estado Limite Último: 10^{-5}

• En el presente estudio se realizo proyecciones de la integridad del gasoducto en base a daños por corrosión con un horizonte de 20 años partiendo desde el momento de la adquisición de la data de la inspección instrumentada (Año 2005).

• Todas las estimaciones de velocidad de corrosión fueron estimadas de forma lineal, al ser el único método con los datos disponibles del gasoducto.

- Según la información registrada el gasoducto presenta dos reemplazos importantes los cuales fueron considerados en este análisis, primero el reemplazo en el año 1999 desde la progresiva 15+254 hasta la progresiva 19+280 que comprende los segmentos #5 y # 6, segundo el cambio de trayecto superficial por enterrado en el año 2002 desde la progresiva 4+377 hasta la progresiva 11+521 que comprende los segmentos #2 y # 3.
- Se determinaron valores de factor de seguridad de acuerdo a la población cercana al gasoducto según la norma ASME B31.8 2012.
 - Tramo desde Progresiva 0+000 hasta Progresiva 4+395. Localidad Clase 4.
 - Tramo desde Progresiva 4+395 hasta Progresiva 13+964. Localidad Clase 3.
 - Tramo desde Progresiva 13+964 hasta Progresiva 19 + 280. Localidad Clase 1.

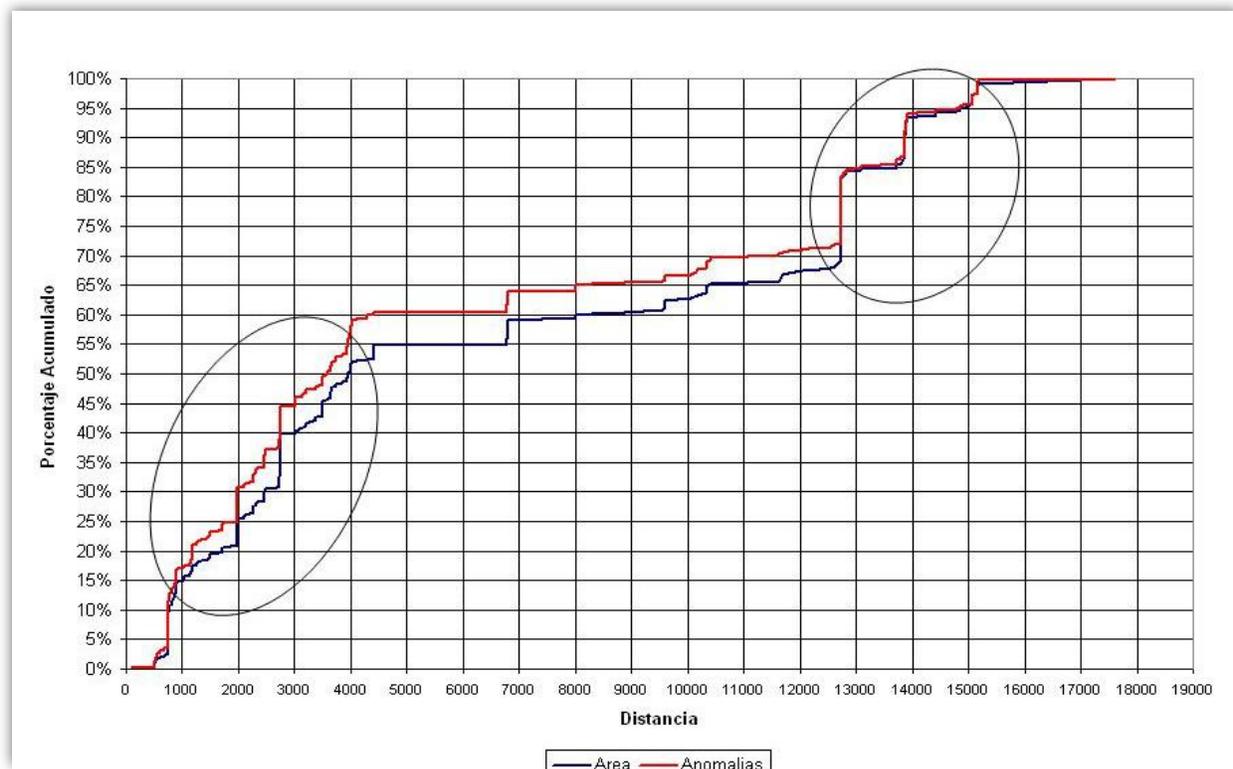
- Los factores de seguridad para el cálculo de probabilidad de falla fueron de acuerdo a la norma ASME B31.8 2012 conforme a la clase de localidad establecida en el punto anterior.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados presentado a continuación se considero como amenaza predominante para la integridad del gasoducto el mecanismo de corrosión externa, ya que el periodo de tiempo en el cual la probabilidad de falla por corrosión externa supera el valor de probabilidad de falla aceptable es mucho menor al tiempo por corrosión interna.

Para el análisis de la corrosión interna se realizo el estudio de los puntos calientes, encontrándose dos zonas importantes de actividad de corrosión desde la progresiva 0 hasta la 4+500 y desde la progresiva 12+700 hasta 15+200 como se muestra en la figura N° 2.

Figura N°2. Puntos Calientes de Corrosión Interna. Fuente: Propia



Para el caso de corrosión externa el cual es la principal amenaza para la integridad del gasoducto, se determinaron los puntos calientes y una vez detectadas estas zonas se

procedió a determinar la velocidad de corrosión en cada uno de los segmentos, para así poder determinar la probabilidad de falla de los segmentos y su vez la del gasoducto.

Figura N°3. Probabilidad de Falla por Corrosión Interna. Fuente: Propia

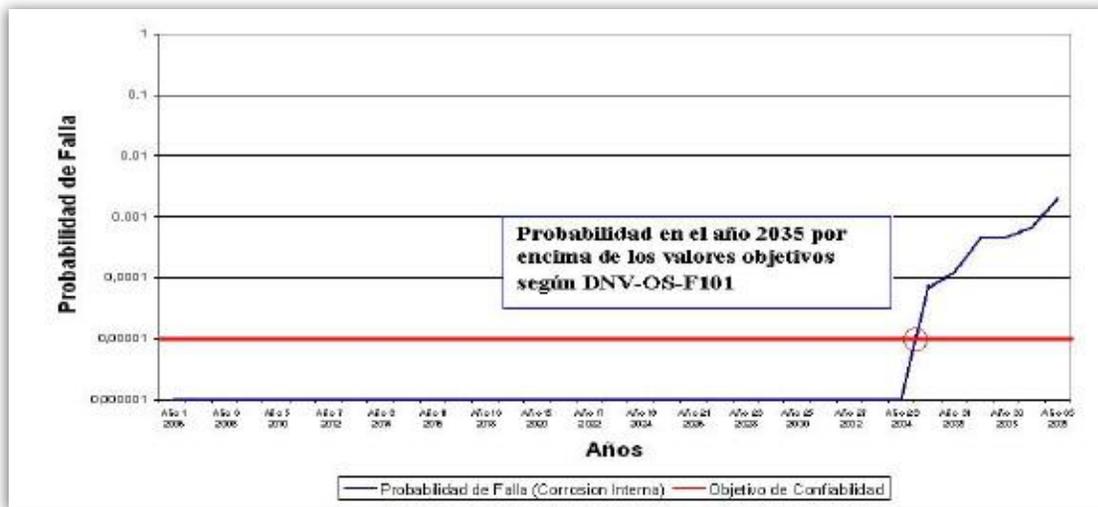
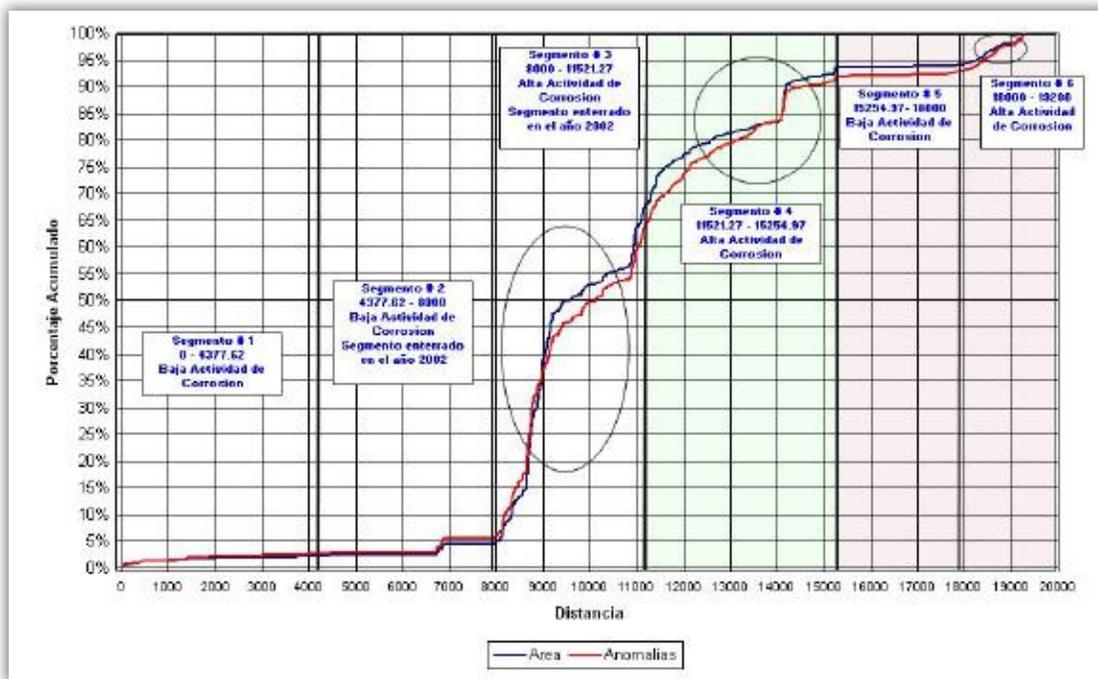


Figura N°4. Puntos Calientes de Corrosión Externa. Fuente: Propia



En la figura anterior se puede observar dos zonas de alta actividad de corrosión una primera de gran longitud desde la progresiva 8+000 hasta la 15+200 la cual esta dividida en dos segmentos debido a que este tramo presenta recorrido tanto superficial como enterrado, y una segunda zona justamente antes de la llegada del gasoducto a una planta de generación de vapor, el cual es un tramo principalmente enterrado.

Todos estos elementos contribuyen a la probabilidad de falla del gasoducto lo cual vemos representado en la figura N°4, donde se muestra la proyección de la condición del gasoducto bajo el contexto operacional actual, donde se puede evidenciar como el activo no garantiza los valores de probabilidad de falla aceptables, como ejemplo podemos mencionar los cálculos para el año 2015 en el cual el gasoducto presenta una probabilidad de falla de 61% cuando los objetivos de probabilidad de falla para este gasoducto según la norma DNV-OS-F101 deberían encontrarse por debajo del 0.00001 %.

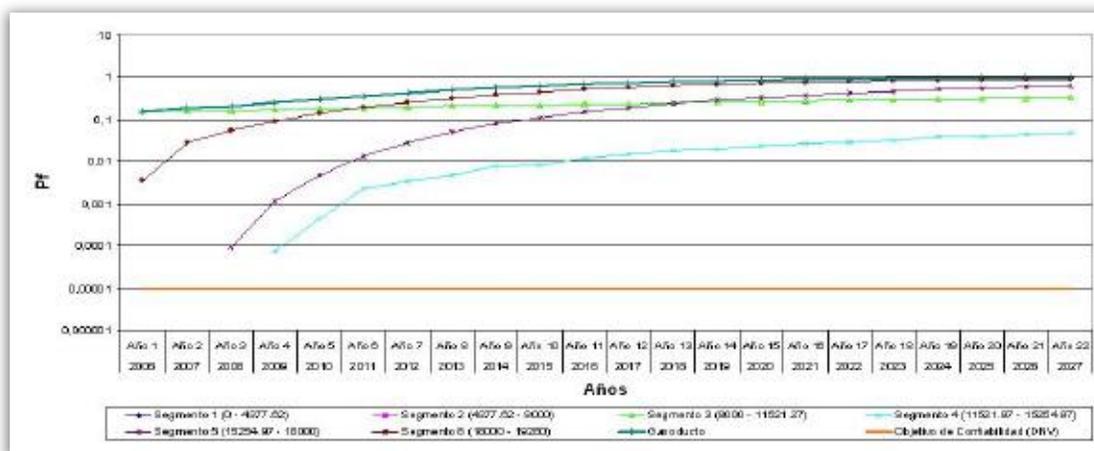
De igual manera se realizo una proyección para el gasoducto considerando en este caso el reemplazo de la tubería desde la progresiva 8+000 hasta la progresiva 19+280, simulando la ejecución del reemplazo en el año 2015, se puede visualizar como la probabilidad de falla

del gasoducto disminuye de manera significativa en el año 2016, según la simulación realizada a partir del sexto año (año 2021) de la realización del reemplazo los valores de probabilidad de falla se ubicarían de nuevo por encima los objetivos de probabilidad de falla establecidos bajo las condiciones actuales de deterioro, principalmente debido a la influencia de la velocidad de corrosión externa reportada en los segmentos #5 y #6 (Progresiva 15+254 hasta 19+280), debido a la ausencia de sistemas de protección contra la corrosión (Sistemas de Protección Catódica). En la figura N° 7 podemos ver la probabilidad de falla de los dos escenarios en función del tiempo.

Escenario: Condición Actual

Bajo la condición actual podemos ver como desde el momento de la inspección instrumentada el gasoducto se encontraba con valores por encima de los objetivos de probabilidad de falla, esto principalmente atribuido a los segmentos N°3 y N°6 (Progresiva 8+000 hasta Progresiva 11+521, Progresiva 18+000 hasta Progresiva 19+277) las cuales representan en estos primeros años los segmentos mas críticos, sin embargo a medida que nos acercamos al año 2015 los segmentos desde el N°3, N°4, N°5 y N°6 (Progresiva 8+000 hasta Progresiva 19+277) tiene valores de probabilidad de falla mayor al 50%.

Figura N°6. Probabilidad de Falla Condición Actual. Fuente: Propia



Escenario: Reemplazo de Segmentos N°3 hasta N°6

Con el objetivo de estimar la probabilidad de falla del gasoducto incluyendo la ejecución de trabajos de reemplazo se simulo el escenario con la realización de un reemplazo desde la Progresiva 8+000 hasta la Progresiva 19+277. Como se puede observar en la figura N°6 la

probabilidad de falla por corrosión externa cae a niveles aceptables a partir del momento del reemplazo (Año 2015), para luego aumentar a valores no aceptables en el año 2021 según los objetivos de confiabilidad establecidos por la norma DNV-OS-F101 bajo el contexto operacional presente.

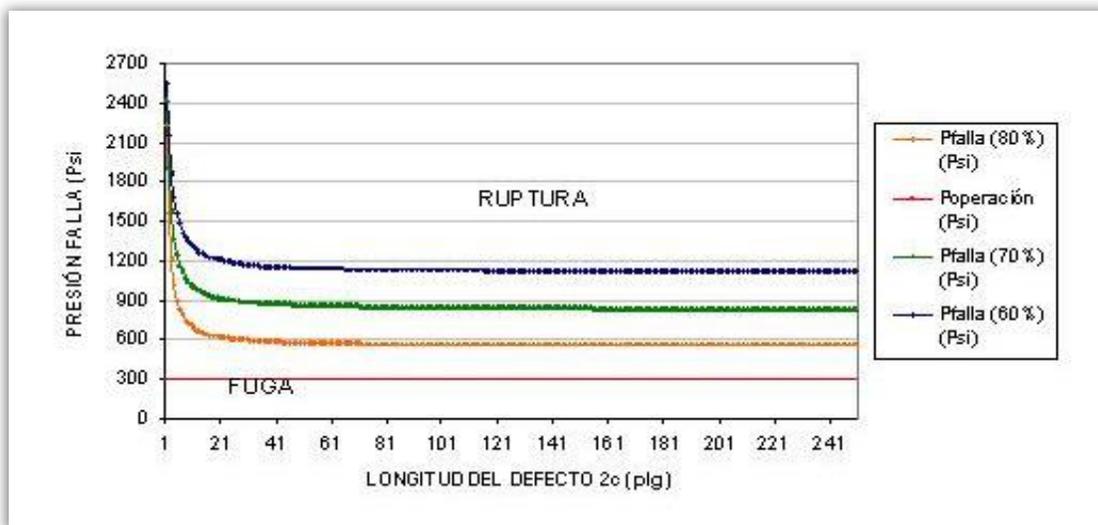
Figura N°7. Probabilidad de Falla Condición Actual vs Reemplazo. Fuente: Propia



Además se calculo la posibilidad de falla por colapso mecánico o fuga del gasoducto por medio del factor de Folias bajo las condiciones operacionales actuales, donde podemos afirmar tal como se muestra en la figura N°7 que bajo las circunstancias actuales de operación

(MOP 300 psi) el gasoducto tiende a fallar por fuga antes que por colapso, lo que es de gran importancia debido a que las fallas por colapso mecánico representan mayores consecuencias principalmente en zonas pobladas (Progresiva 0+000 hasta Progresiva 4+395, Clase 4).

Figura N°8. Falla por Ruptura o Fuga. Fuente: Propia



CONCLUSIONES

- La alta probabilidad de falla del gasoducto de 10"Ø en los primeros años es debido principalmente al factor de corrosión externa en los segmentos N°4 y N°6 (Progresiva 8+000 hasta Progresiva 11+521, Progresiva 18+000 hasta Progresiva 19+277), situación similar a la presentada por los segmentos N°4 y N°5 a partir del año 2020.
- La probabilidad de falla debido a corrosión interna satisface los objetivos de confiabilidad hasta el año 2035, por lo que no representa una seria amenaza a corto plazo.

RECOMENDACIONES

- Realizar reemplazo de los segmentos que representan mayor amenaza en el funcionamiento del gasoducto, como lo son los segmentos N°3, N°4, N°5 y N°6 (Progresiva 8+000 hasta Progresiva 19+277).
- Reestablecer el sistema de protección catódica del gasoducto, desde la progresiva 15+254 hasta la progresiva 19+277 zona que reporta mayores velocidades de corrosión en el gasoducto, además realizar mediciones de potenciales periódicas a lo largo de todo el gasoducto (CIPS) bajo los métodos propuestos por la NACE TM 0497, con el fin de evaluar la eficiencia del sistema de protección catódica.
- Programar inspección instrumentada (High Resolution MFL) del gasoducto a los 5 años de haber realizado el reemplazo propuesto con el fin de detectar de manera temprana cualquier indicación que pudiera comprometer la confiabilidad del activo.
- Realizar estudios de densidad poblacional, con la intención de detectar las zonas de mayor consecuencia de posibles fallas y así poder jerarquizar actividades de mantenimiento correctivo y preventivo.
 - Adoptar la práctica recomendada NACE RP 0502 la cual establece realizar al menos dos evaluaciones de tipo indirecto como DCVG y CIPS para evaluar la efectividad del sistema contra la corrosión.

BIBLIOGRAFIA

- ASME B31.8-2012 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems".
- ASME 31G-2012 "Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines".
- ASME 31.8S-2012 "Managing System Integrity of Gas Pipelines".
- ASME STP-PT-048 "Criteria for Reliability-Based Design and Assessment for ASME B31.8 Code".
- DNV-OS-F101 "Submarine Pipeline Systems".
- DNV-RP-F101 "Corroded Pipelines".
- NACE RP 0502 "Standard Recommended Practice Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology".
- NACE TM 0497 "Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems".
- Mustaffa, Zahiraniza. "Developments in Reliability-Based Assessment of Corrosion".
- J. M. Hallen, F. Caleyó and J. L. Gonzalez "Probabilistic Condition Assessment of Corroding Pipelines in Mexico".
- Hopkins, Phil. "The Assessment of Corrosion in Pipelines – Guidance in the Pipeline Defect Assessment Manual (PDAM)".
- Khan, Faisal y Col. "Application of Probabilistic Methods for Predicting the Remaining Life of Offshore Pipelines".

AUTOR:

DIEGO NAVA

Ingeniero de Confiabilidad
Gerencia de Confiabilidad
Operacional PDVSA Occidente
Venezuela
navadk@pdvsa.com
ing.dano@gmail.com



Centro de Conocimientos que promueve y brinda experiencias, guías, prácticas, técnicas, herramientas, modelos y metodologías para la Gestión de Activos y Riesgos, Ingeniería de Confiabilidad, Mantenimiento y Maquinarias Rotativas, para el universo de profesionales de la ingeniería e industria mundial a través de programas de Formación, Capacitación, Investigación, y Desarrollo.



Gestión de Activos y Riesgos:

- ISO-55000: Gestión de Activos Físicos.
- ISO-31000: Gestión del Riesgo.
- RBM. (Risk-Based Methods) Métodos Basados en Riesgo.

Ingeniería de Confiabilidad:

- Técnicas de Confiabilidad.
- KPI. Indicadores Claves de Desempeño.
- BSC. Indicadores Balanceados de Gestión.
- Estudios RAM. Confiabilidad / Disponibilidad / Mantenibilidad.
- RCM. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- RCA. Técnicas de Análisis Causa Raíz.
- RBS. (Risk-Based Spare): Inventarios Basados en Riesgos.
- TPM. (Total Productive Maintenance): Mantenimiento Productivo Total.
- Lean Six Sigma.
- LCC. (Life Cycle Cost): Análisis de Costo de Ciclo de Vida.

Maquinaria Rotativa:

- Selección, Aplicación y Operación de Sistemas de Bombeo.
- Mantenimiento de Bombas y Compresores.
- Mantenimiento Mayor de Bombas (Overhaul)
- Sellos Mecánicos y Sistemas de Sellado.
- Compresores: Reciprocantes, Centrífugos y de Tornillo.
- Confiabilidad de Sistemas de Bombeo.
- Turbinas a Gas: Operación y Mantenimiento.
- Confiabilidad de Turbinas a Gas.
- Cojinetes: Aplicaciones y Análisis de Fallas.
- Fundamentos de Hidráulica.
- Alineación de Equipos Rotativos.
- Lubricación Industrial.
- Análisis Metalúrgico de Fallas.

Técnicas Predictivas:

- Análisis de Vibraciones Mecánicas.
- Análisis de Aceites Lubricantes (Tribología).
- Termografía Infrarrojo.
- Ruido Ultrasónico.

MODALIDADES

Presenciales



Distancia (On-line)



Programas Avanzados

Diplomados

Cursos

Talleres



PERSONAS

Pirámide Evolutiva de la Confiabilidad
All rights reserved. © MRI

Mobile City, Alabama - USA. 36695
+1 251 285 0287 / +1 205 578 7025
info@machineryinstitute.org

@MachineryRelia

MachineryInstitute

www.machineryinstitute.org



ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) EN COMPRESORES RECIPROCANTES

La ruptura de barra (vástago) de pistón y las fallas generadas en crucetas por efectos de no reversión de carga son fallas típicas en compresores reciprocantes utilizados para la compresión de gas. Este tipo de fallas pueden ser minimizadas y su frecuencia de ocurrencia disminuida si se tiene claro los modos, efectos y factores que las generan.

Por experiencias vividas, es común escuchar ante un evento de ruptura de una barra en un compresor reciprocante “¿Se partió una barra del compresor, hubo un no reversall!”. Esto se debe a que el factor de carga en la barra tiene incidencia determinante en ambas fallas, pero de manera muy particular en cada caso. Ello me ha motivado a desarrollar el presente artículo con la finalidad de esclarecer los criterios que definen de manera particular cada una de estas fallas, mediante el análisis de modo y efecto de falla (AMEF).

“Ruptura de Barra de Pistón y Condición de No Reversión de Carga: Dos fallas con modos y efectos distintos pero que tienden a ser relacionadas entre si.”

Para realizar el análisis de las fallas mencionadas es necesario tener claro el concepto de carga total y el comportamiento de esta en el proceso de compresión de Gas. La acción de las fuerzas sobre la barra del pistón se dan a compresión y a tensión; a compresión cuando el pistón se desplaza hacia el lado cabezal, en este momento las fuerzas ejercidas del lado del extremo del cabezal excede la fuerza de lado del extremo del cigüeñal, como se representan en la Figura N° 1.

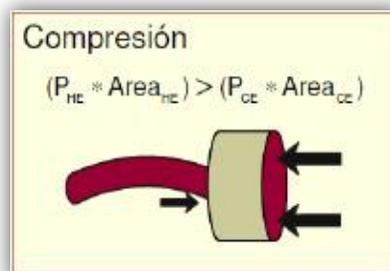


Figura N° 1. Esfuerzos a Compresión en Barra
Fuente: Engine & Compressor Analysis Techniques, Dynalco Controls 2003.

Cuando la barra esta sometida a esfuerzos a tensión el pistón se desplaza hacia el lado cigüeñal, las fuerzas ejercidas del lado del extremo del cigüeñal excede la fuerza del lado del extremo del cabezal, como se representa en la Figura N° 2.

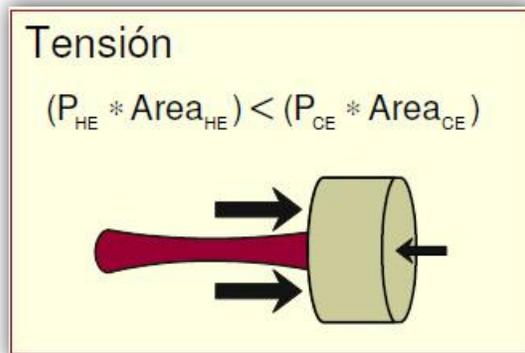


Figura N° 2. Esfuerzos a Tensión en Barra

Fuente: *Engine & Compressor Analysis Techniques*, Dynalco Controls 2003.

Es importante describir que la carga sobre la

barra, tanto a compresión como a tensión, esta definida como la cantidad total de fuerza que se transfiere a la barra del pistón y es generada por la suma algebraica de dos fuerzas:

Carga estática o Fuerza del Gas: Se refiere a la fuerza resultante sobre los componentes del cilindro debido a la compresión del gas en el interior de este, la cual actúa directamente sobre la cara del pistón.

Carga Inercial: Se refiere a la fuerza desarrollada a partir de la masa de los componentes reciprocantes (Pistón, Tuerca de Pistón, Barra, Tuerca de Barra y Conjunto de la Cruceta).

“La carga inercial actúa en sentido opuesto a la carga de gas”

En la Figura N° 3 se aprecia el comportamiento de la carga total, carga de inercia y carga de gas en el ciclo de compresión de gas (Diagrama P-T).

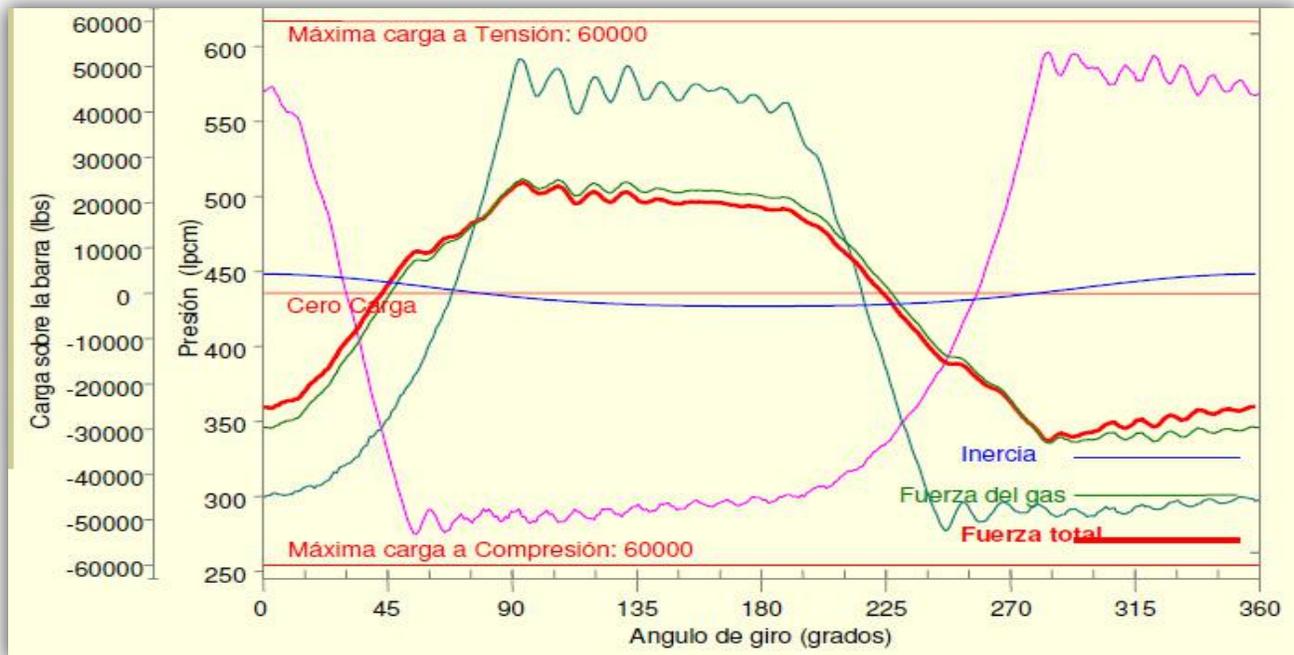


Figura N° 3. Carga Sobre la Barra en el Ciclo de Compresión

Fuente: *Engine & Compressor Analysis Techniques*, Dynalco Controls 2003.

FALLA POR RUPTURA DE BARRA Ó VASTAGO DE PISTÓN

Desde el punto de vista de la mecánica de los materiales, la falla por ruptura de barra de pistón se da por el exceso de carga a la cual esta sometido el material de este componente, en tal magnitud que sobrepasa el límite elástico del material, llegando al límite plástico y posterior ruptura del mismo. Para el óptimo funcionamiento de este componente, el fabricante suministra los datos de máxima carga a la cual puede ser sometido este, el cual es tomado en consideración por los software de selección y diseño de compresores reciprocantes como una de las variables operacionales que determina la aceptación o no de la configuración y características del compresor para el requerimiento operacional exigido.

La sobrecarga en la barra es una condición cuya causa puede darse tanto por factores operacionales como por condiciones inducidas por errores humanos, dichas causas son las siguientes:

- **Arrastre de Líquido:** Al ser el líquido un fluido incompresible, la presencia de este en el proceso de compresión de gas, es el enemigo

número uno que atenta contra la integridad mecánica de estos equipos. La presencia de líquido no sólo atenta contra la integridad de la barra sino que pudiera ocasionar daños irreversibles en el cigüeñal.

- **Sobrepresión por falla de válvulas reguladoras de presión:** La generación de carga superior al máximo permisible en ocasiones obedecen al incremento de la presión en la línea succión, este hecho puede estar asociado al ineficiente funcionamiento de la válvula de control de presión.

- **Error en el montaje de válvulas en los cilindros compresores:** este es un factor con baja probabilidad de ocurrencia, sin embargo no esta exento de suceder. La válvula compresora está diseñada para permanecer cerradas, su apertura se da por la fuerza producida por el diferencial de presión entre el interior del cilindro y el laberinto de succión o descarga del gas según sea el caso. El flujo de gas a través de ellas se da en un solo sentido, es decir, trabaja bajo el principio de una válvula check. La colocación errónea de válvulas de succión en la descarga hará que estas funcionen como un "tapón", lo cual producirá la compresión y re-compresión de este mismo gas, hasta el

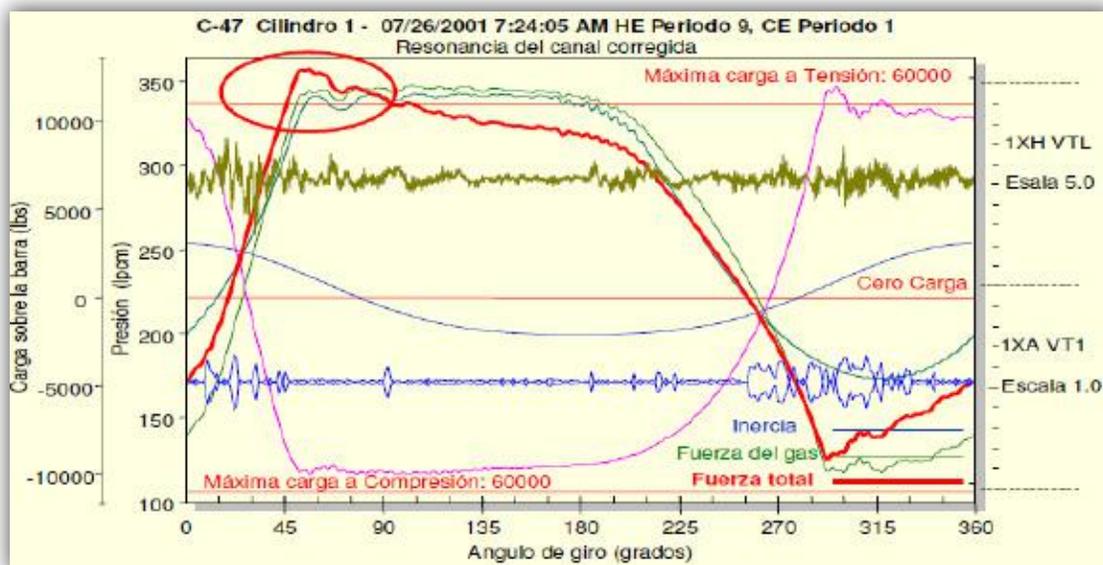


Figura N° 4. Sobrecarga en Barra de Pistón

Fuente: Engine & Compressor Analysis Techniques, Dynalco Controls 2003.

momento que este efecto genere una fuerza mayor a la máxima capacidad de carga de la barra y esta colapse.

Desde el punto de vista de la dinámica de compresión del Gas, los factores antes mencionados, generarán un comportamiento de carga sobre la barra del pistón anormal como el que se muestra en la Figura N° 4. Bajo estas condiciones este componente se hace vulnerable y propenso a su ruptura.

En la Figura N°5 se ilustran fallas de ruptura de barra de pistón generada por arrastre de líquido en el proceso de compresión de gas natural.



Figura N° 5. Barras de Pistón
Luego de su Ruptura
Fuente: Propia

“Los factores que genera una sobre carga sobre la barra son factores capaces de generar fuerzas en magnitud superiores a las que puede soportar este componente”.

FALLA POR NO REVERSIÓN DE CARGA

En el ciclo de compresión del gas, debe existir una reversión de esfuerzos producidos sobre la barra, lo cual significa que la carga debe alternar de tensión a compresión y retornar a tensión de nuevo durante los 360 grados de rotación del cigüeñal. La carga se invierte dos (02) veces por ciclo, esto ocurre cuando la carga total cruza el punto cero que delimita la carga a tensión y

compresión. El intervalo de reversión abarca hasta el punto donde la carga total cruza nuevamente por el punto cero, como se muestra en la Figura N° 6.

De acuerdo a lo establecido en la norma API 618 de 1995 Reciprocating Compressor For Petroleum, Chemical And Gas Industry Services,

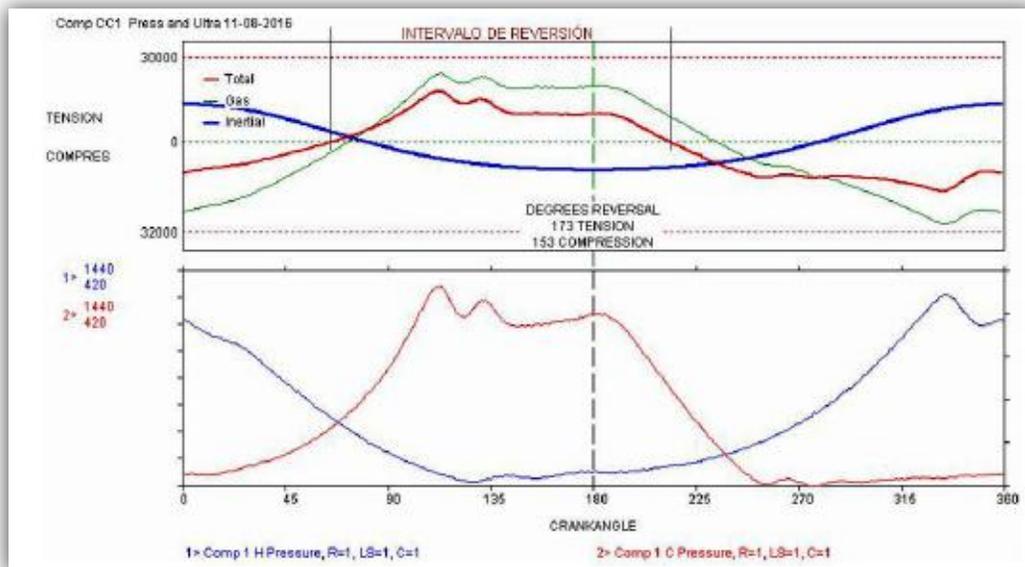


Figura N° 6. Carga Sobre la Barra – Intervalo de Reversión
Fuente: Software Windrock MD

en la página 6, sección 2.4 Rod And Gas Loading: "... la duración de ésta reversión no debe ser menor de 15 grados de ángulo del cigüeñal y la magnitud del pico de la carga combinada revertida debe ser al menos el 3% de la carga combinada en la dirección opuesta". Esto significa que si la carga predominante en tiempo sobre la barra es la tensión, al menos durante 15 grados del cigüeñal la barra debe estar a compresión, y el pico de compresión debe ser al menos 3% del pico de la tensión.

Las condiciones de reversión en la carga de la barra son requeridas para garantizar el tiempo, medido en grados, necesarios para asegurar la apropiada lubricación del buje o bocina de la cruceta. El cambio de tensión a compresión causa que el juego entre el buje y el pasador se mueva de un lado otro, lo que permite lubricarlos y enfriarlos. Si la reversión de la carga no ocurriera, la mitad del buje permanecería sin lubricación.

La falla por no reversión es ocasionada por

insuficiencia de carga sobre la barra a tensión o a compresión, es decir, por insuficiencia de carga generada en alguno de los dos extremos del cilindro compresor (Lado Cabezal / Lado Cigüeñal), lo cual impide cumplir las condiciones mínimas descritas anteriormente en la norma API 618. A continuación se describen las condiciones operacionales que propician las fallas por no reversión:

- Falla total de la válvula de descarga del extremo del cabezal
- Falla total de la válvula de descarga del extremo del cigüeñal
- Falla total de las válvulas de succión del extremo del cabezal
- Extremo del cabezal cargado, extremo del cigüeñal descargado
- Extremo del cigüeñal cargado, extremo del cabezal descargado

En la Figura N° 7 se ilustra el comportamiento de la carga total sobre la barra en donde es evidentemente que no existen las condiciones mínimas de carga a tensión (3% del punto de

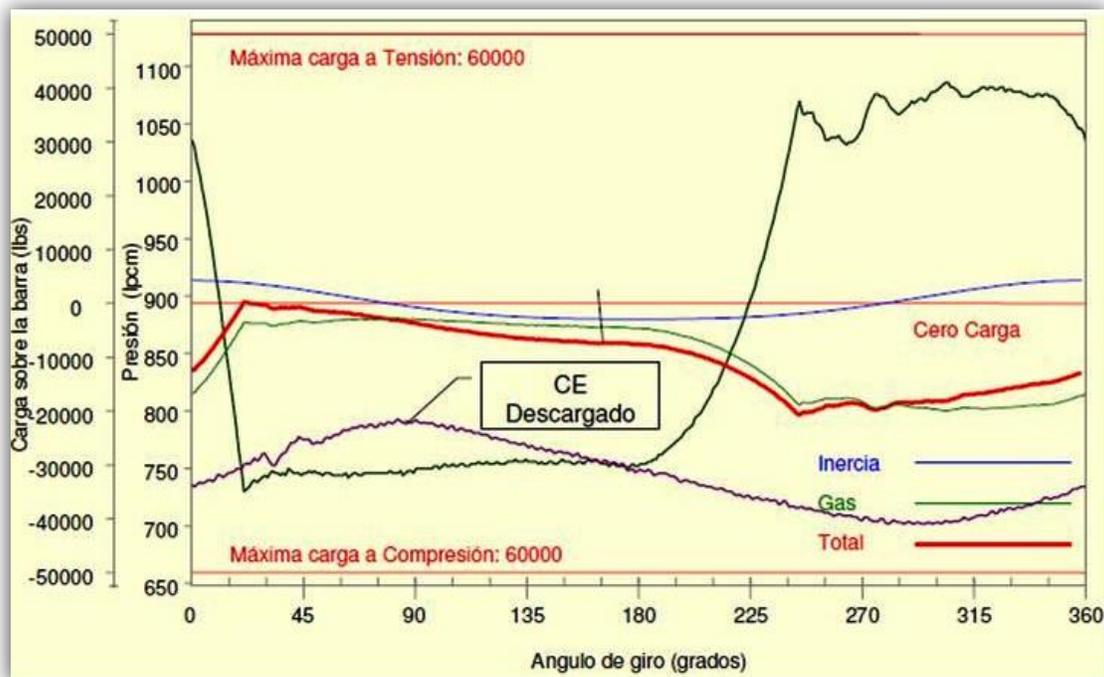


Figura N° 7. Carga Sobre la Barra en Cilindro Compresor Descargado

Fuente: Engine & Compressor Analysis Techniques, Dynalco Controls 2003.

máxima carga a compresión) ni los grados mínimos requeridos para el intervalo de reversión (15° grados de reversión), es por ello que se da la falla por no reversión de carga.

La falla por no reversión de carga genera daños por temperatura en la bocina, pasador de cruceta y en la biela. En la Figura N° 8 se aprecian los daños ocurridos en estos componentes en un falla por no reversión de carga.

Figura N° 8.
Daños Ocasionados
por Efecto
de No Reversión de Carga
Fuente: Propia



COMENTARIOS FINALES

- Aun cuando la carga total es un factor determinante que interviene en ambas fallas estudiadas; la ocurrencia de no reversión de carga se da por condiciones totalmente opuestas a la falla de ruptura de barra; por ello es improbable que una condición de no reversión genere una ruptura de barra, así como también una sobrecarga sobre la barra genere una falla por no reversión.
- El exceso de carga sobre la barra además de hacer propicia las condiciones para la ruptura de este componente, también genera fuertes impactos del pasador de la cruceta sobre la bocina durante la inversión de carga, este efecto produce desgaste prematuro de estos dos componentes; sin embargo no se debe relacionar ni confundir con los efectos ocasionados por condiciones de no reversión, los cuales producen daños por temperatura debido a la ineficiente lubricación.

AUTOR:

ODLANIER J. MENDOZA M.

Ingeniero Mecánico

Ingeniero de Integridad Mecánica
de Equipos Dinámicos

PDVSA Compresión Gas – Oriente
Maturín; Estado Monagas, Venezuela

odlaniermendoza@gmail.com

mendozaox@pdvsa.com

PREDICTIVA21

www.predictiva21.com

● ANUNCIA CON NOSOTROS