

REVISTA DIGITAL LATINOAMERICANA

LUBRICACION Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ISSN: 2500-4573



www.revistalubricaronline.org

CALI - COLOMBIA 

EDICIÓN NO. 15 - SEPT-OCT 2021

LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
EL ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO
[PHA]

LAS MEJORES PRÁCTICAS DE ANÁLISIS Y
GESTIÓN DE LA LUBRICACIÓN INDUSTRIAL

**EL MANTENIMIENTO, LA CONFIABILIDAD Y LA LUBRICACIÓN EL CAMINO ÓPTIMO DE
LA EXCELENCIA OPERACIONAL**

**REVISTA DIGITAL LATINOAMERICANA
LUBRICACIÓN Y
MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL®**

ISSN: 2500-4573

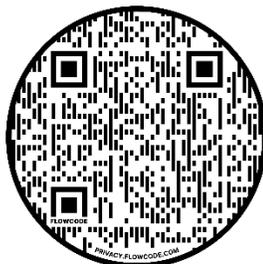
ES UNA PRODUCCIÓN DE

LubricarOnline®

**EL MANTENIMIENTO, LA CONFIABILIDAD Y LA LUBRICACIÓN
SON EL CAMINO ÓPTIMO DE LA EXCELENCIA OPERACIONAL**

¿Eres Gerente o Director de Mantenimiento, Director Proyectos, Asset
Manager, Ingeniero de Confiabilidad,
Analista de Integridad Mecánica?

De alguna manera estás involucrado
en la administración del mantenimiento
Te invitamos a crecer con nosotros.





“ESTA ES LA 15ª. EDICIÓN DE LA REVISTA DIGITAL LATINOAMERICANA LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL®, MUCHAS GRACIAS A TODOS POR HACER POSIBLE ESTA PUBLICACIÓN”

La Resiliencia de Nuestras Industrias frente al COVID 19... El trabajo a distancia y la digitalización son ejemplos principales de los cambios que han llegado para Mejorar la Industria y las Operaciones en nuestros países.

Después de un período de resiliencia que ha durado más de lo que cualquiera de nosotros podría haber imaginado, ahora es el momento de desarrollar una estrategia para crecer en un entorno empresarial posterior a una pandemia.

Esta crisis desafió nuestras creencias y nos demostró que podíamos hacer las cosas de manera diferente y aun así tener éxito.

Presentamos nuestra Website para nuestra **RDL Lubricación y Mantenimiento Industrial**.

<https://revistalubricaronline.org/>

La razón principal del cambio es simplificar con un **Ecosistema de Base Tecnológica** y, por lo tanto, fortalecer nuestros contenidos, y ser una marca global.

¡¡¡¡Muchas Gracias!!!!

NAIN AGUADO Q. I.M., ESP., MBA DIRECCIÓN PROYECTOS

DIRECTOR GENERAL RDL L&MI.

“ESTA ES LA 15ª. EDICIÓN DE LA REVISTA DIGITAL LATINOAMERICANA LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL®, MUCHAS GRACIAS A TODOS POR HACER POSIBLE ESTA PUBLICACIÓN”

En esta edición tenemos el agrado de contar con el apoyo y soporte de 2 de los más importantes líderes Iberoamericanos de la gestión de activos, excelencia en la lubricación, excelencia operacional y gestión de proyectos, aportando su experiencia y conocimiento.

Lo Mejor de la Web: www.powermag.com

LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO:

- ❖ **GESTIÓN MANTENIMIENTO.** Por Ing. Nain Aguado Q

CONSEJO DEL ESPECIALISTA:

- ❖ **ABORDAR LOS RIESGOS EN LAS PLANTAS DE PROCESO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROESO (PHA).** Por Ing. Nain Aguado Q

AUTOR Y LIBRO RECOMENDADO: PROCESS RISK AND RELIABILITY MANAGEMENT. Ian Sutton

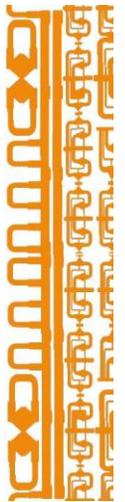
PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO:

- ❖ **LA OTRA VISIÓN DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL INTEGRANDO METODOLOGÍAS PARA UN DIAGNÓSTICO MÁS CERTERO.** Por Jean Farfán
- ❖ **LAS MEJORES PRÁCTICAS DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE LA LUBRICACIÓN INDUSTRIAL - COMBATING VARNISH IN TURBINES: A TWO-STEP SOLUTION**
- ❖ **NOTICIAS LUB-MANT-TECH.** Espacio para enterarse de las más recientes tecnologías innovadoras en gestión de activos.



LubricarOnline

CENTRO DE EXCELENCIA ®



Contactamos:

Póngase en contacto con nosotros. Responderemos tan pronto como sea posible.

<https://lubricaronlinecentrodeexcelencia.sabiorealm.com/>

Información de Contacto

Email: contacto@lubricaronline.com

Móvil: +57 301 348 7347

**Revista Digital Latinoamericana
LUBRICACIÓN Y
MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL® ISSN: 2500-4573**

es una producción de
LubricarOnLine®
AÑO 6 / N.º 15

Octubre – Diciembre 2021

www.revistalubricaronline.org

DIRECTOR HONORIFICO:

Nain Antonio Aguado

DIRECTOR General

Ing. Nain Aguado Quintero

CONSEJO EDITORIAL

Nain Aguado Quintero

Gloria Naranjo Africano

COLABORADORES:

Jean Farfán

Nain Aguado Q

Zach Sutton

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Equipo LubricarOnLine

**REDACCIÓN Y CORRECCIÓN DE
ESTILO:**

Gloria Naranjo Africano

FOTOGRAFÍA E ILUSTRACIONES:

Shutterstock

Archivo LubricarOnLine

WEB MASTER:

Nain Aguado

InterServicios S.A.S

VENTAS Y MERCADEO:

naguado@lubricaronline.com

SUBSCRIBETE A NUESTRA REVISTA:

<https://revistalubricaronline.org/>

CONTACTO:

Teléfono: 57 301 348 7347

Email: editor@revistalubricaronline.org

Cali-Colombia

La revista digital latinoamericana 'Lubricación y Mantenimiento Industrial' de LubricarOnLine® **NO** se solidariza necesariamente con las opiniones expresadas en los artículos publicados en la Revista y son de exclusiva responsabilidad de quienes los firman. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse bajo ningún concepto sin el permiso del editor.

**RESEÑA
REVISTA LUBRICACIÓN
Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

LubricarOnLine ® nace como un blog, apoyándose en la web 2.0 para el año 2008. El blog intenta contribuir recopilando información propia y de colegas para beneficio de toda la comunidad iberoamericana en la gestión de la ingeniería y el mantenimiento industrial.

Para el 11 noviembre de 2010 se presenta el dominio LubricarOnLine.com, como un nuevo emprendimiento,

un portal de internet sobre la Ingeniería, el Mantenimiento Industrial, Lubricación, Dirección de Proyectos, el objetivo a largo plazo era recopilar las publicaciones y artículos de interés en una Gran Revista Digital, objetivo que hoy logramos alcanzar gracias a la colaboración de un gran equipo y el apoyo de importantes amigos y colegas de Iberoamérica.

Estoy seguro con la colaboración de todos podemos sacar adelante este proyecto. Bienvenidos a los nuevos miembros y gracias por confiar en el proyecto.

Cali – 2015.

Escanear Imagen para Contáctenos



CONTENIDO

GESTIÓN MANTENIMIENTO	10
© Nain Aguado.....	10
ABORDAR LOS RIESGOS EN LAS PLANTAS DE PROCESO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO (PHA)	24
© Nain Aguado Q.....	24
AUTOR Y LIBRO RECOMENDADO	36
PROCESS RISK AND RELIABILITY MANAGEMENT	36
Autor: Ian Sutton.....	36
LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO EN LA WEB	37
LA OTRA VISIÓN DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL	38
INTEGRANDO METODOLOGÍAS PARA UN DIAGNÓSTICO MÁS CERTERO	38
© Jean Farfán	38
LAS MEJORES PRÁCTICAS DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE LA LUBRICACIÓN INDUSTRIAL:	58
COMBATING VARNISH IN TURBINES: A TWO-STEP SOLUTION	59
NOTICIAS LUB-MANT-TECH:	64
GALERÍA DE FOTOS	66
CONGRESOS Y EVENTOS PARA LA INGENIERIA MANTENIMIENTO, GESTIÓN DE ACTIVOS Y LUBRICACIÓN 2022	70

LubricarOnline

LubricarOnLine

REVISTA DIGITAL LATINOAMERICANA

Lubricación y Mantenimiento Industrial

www.revistalubricaronline.org

ANÚNCIATE AQUÍ

TENEMOS UN ESPACIO PARA TI

**PARA MÁS INFORMACIÓN ENVIAR UN CORREO A
EDITOR@REVISTALUBRICARONLINE.ORG**



HF GUARD

FILTROS DESECANTES



sales@hfguard.com



www.hfguard.com.ar



+54 9 351 242 0072



FÓRMATE EN NUESTRO CENTRO DE EXCELENCIA 100% ONLINE

PROGRAMA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN BASADA EN LA CONFIABILIDAD

Diseñado y
estructurado para
adquirir los
conocimientos teóricos
y aplicados

Énfasis en la lubricación
basada en la
confiabilidad y su
impacto sobre el
negocio

CREADO Y DIRIGIDO POR:

NAIN AGUADO QUINTERO

Ingeniero Sénior en Confiabilidad de
Procesos Industriales e Integridad
Mecánica



GESTIÓN MANTENIMIENTO

© Nain Aguado

EL MANTENIMIENTO

Se define como la combinación técnicas y actividades para mantener la función del diseño de las estructuras y de los equipos de un sistema de una instalación.

La definición del foro global de Gestión de Activos y Mantenimiento (GFMAM - Global Forum on Maintenance & Asset Management)

“El mantenimiento es una combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluyendo las acciones de supervisión, destinadas a conservar un ítem, restaurarlo o reemplazarlo para que pueda realizar una función requerida (GFMAM, (2016)).”

La Planeación y el Control de las tareas de mantenimiento depende de los **Procesos del Sistema de Gestión de Mantenimiento**¹ de la organización y su responsabilidad con respecto a las **estrategias básicas de la planeación del mantenimiento**. Las estrategias básicas de la planeación del mantenimiento son:

1. Mantenimiento correctivo y operar hasta la ruptura (Breakdown)

¹ Traducido exclusivamente por el autor de Planeamiento y Control de Sistemas de Mantenimiento - Salih O. Duffuaa - A. Raouf

2. Mantenimiento preventivo
 - a. Mantenimiento preventivo basado en el tiempo
 - b. Mantenimiento preventivo basado en la condición
3. Mantenimiento de oportunidad
4. Hallazgo de fallas
5. Rediseño del sistema,
6. Overhaul (Renovar, Modificar, Rehacer),
7. Reemplazo
8. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
9. Mantenimiento Productivo Total

El objetivo de este tema es que el **mantenimiento** es visto como un **sistema integrado con objetivos, estrategias, procesos y actividades** que deben estar alineados con los objetivos de la organización, planificados, diseñados, y controlados mediante técnicas estadísticas y de optimización.

LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La gestión de mantenimiento son las actividades que determinan los objetivos o prioridades de mantenimiento, las estrategias, y las responsabilidades, permitiendo su implementación a través de la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento para su realización y mejora, teniendo en cuenta aquellos aspectos económicos relevantes para la organización (Fuente: Parra, 2015, p. 1).

SISTEMA DE MANTENIMIENTO²

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan juntos hacia un objetivo(s) común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de procesos y actividades llevadas a cabo en paralelo con los sistemas de producción o de servicios. Los sistemas de producción/operación suelen ser de conversión de entradas tales como materias primas, mano de obra, y los procesos en productos/servicios que satisfagan las necesidades del cliente. Las salidas principales de los sistemas de producción/operación son productos o servicios terminados, y **la salida secundaria es el equipo deteriorado o fallido**. Esta salida secundaria es la que genera **demanda de mantenimiento**. El sistema de mantenimiento toma esto como una entrada y le añade el know-how, mano de obra y repuestos, y produce equipos/instalaciones en buenas condiciones de funcionamiento, que proporcionan capacidad de producción o de servicios.

Un sistema de mantenimiento puede ser visto como un modelo de entradas-salidas integrado. Las entradas a un modelo de este tipo son la mano de obra, gestión, herramientas, repuestos, equipos, etc., y la salida es el equipo que se ha terminado, confiable, y bien configurado para lograr la operación prevista de la planta. Esto nos permite optimizar los recursos para maximizar la salida de un sistema de mantenimiento. Un sistema de mantenimiento típico se muestra en la Fig. 1. Las actividades necesarias para hacer de este sistema eficiente y eficaz incluyen la planificación, el diseño, organización, control y mejora que se muestra en la figura.

² Traducido exclusivamente por el autor de Planeamiento y Control de Sistemas de Mantenimiento - Salih O. Duffuaa - A. Raouf

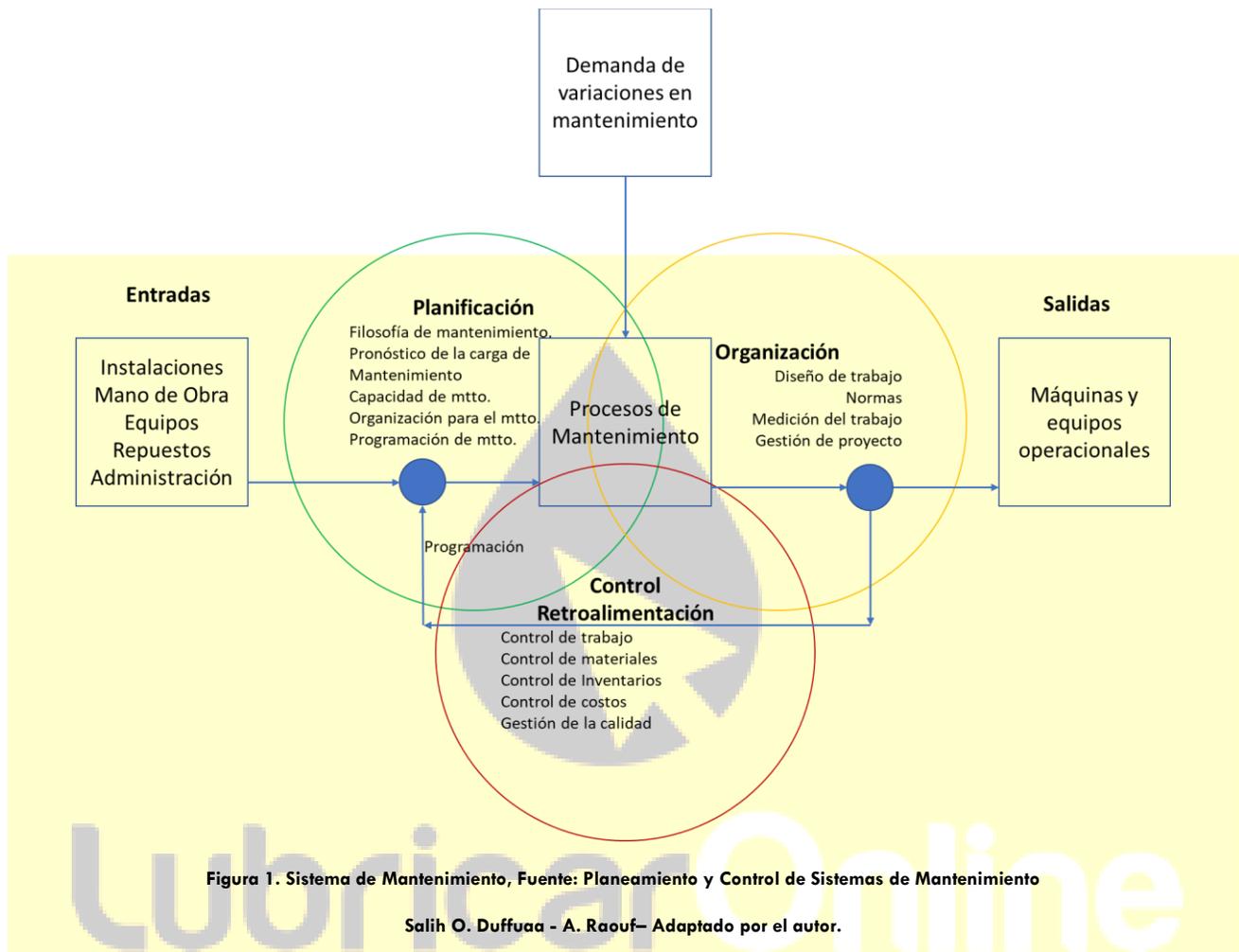


Figura 1. Sistema de Mantenimiento, Fuente: Planeamiento y Control de Sistemas de Mantenimiento

Salih O. Duffuaa - A. Raouf - Adaptado por el autor.

Otros autores como **Anthony Kelly - Strategic Maintenance Planning**, prefiere ver la organización industrial como un sistema abierto, que convierte la materia prima o la información en productos terminados de mayor valor. Se puede considerar que está compuesto por muchos subsistemas que interactúan (por ejemplo, **mantenimiento, producción, compras, adquisición de activos de capital, seguridad, diseño, finanzas, finanzas corporativas**), cada uno de los cuales lleva a cabo funciones organizacionales distintas:

- **La función de la gestión corporativa** (el subsistema maestro) es establecer la meta y la estrategia organizacional y dirigir, coordinar y controlar los otros subsistemas para lograr la meta establecida.
- **La función de la adquisición de activos de capital** es seleccionar, comprar, instalar y comisionar activos físicos, una función que se lleva a cabo mediante los esfuerzos combinados de varios otros subsistemas (por ejemplo, diseño, finanzas, proyectos).

- **La función del mantenimiento** es mantener la integridad de los activos físicos reparándolos, modificándolos o reemplazándolos según sea necesario.

Un flujo de trabajo simplificado de las tareas de mantenimiento se muestra en la Figura 2.

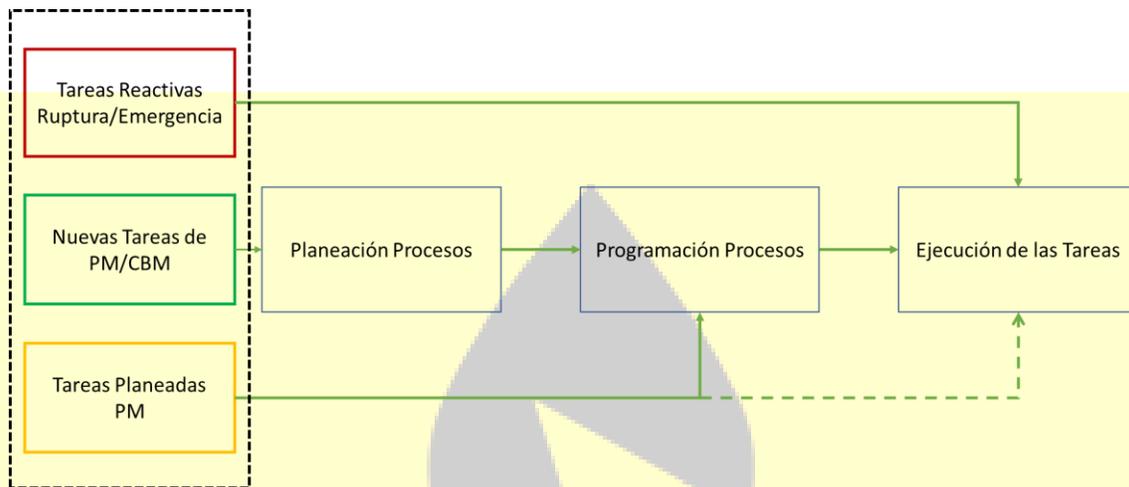


Figura 2. Flujo de Trabajo de Mantenimiento, Fuente: Maintenance and Reliability Best Practices

Ramesh Gulati– Adaptado por el autor.

- I. Las **tareas mantenimiento preventivo (PM)** incluyen las tareas de Mantenimiento basado en la condición/mantenimiento predictivo (CBM / PdM)
- II. Las **tareas del mantenimiento correctivo (CM)** incluyen las **tareas nuevas** resultado de las inspecciones desarrolladas por PM / CBM
- III. Las tareas del mantenimiento correctivo (CM) por **Averías / trabajos de emergencia (Reactivo)**
- IV. Las tareas de **mantenimiento preventivo (PM)** deben ser planeadas con anticipación pasando directamente a la programación.
- V. **Las tareas de mantenimiento correctivo (CM) averías / emergencia**, se pueden ejecutar mientras se pasa por alto el proceso de planificación y, en ocasiones, incluso el proceso de programación basado en su urgencia, dependiendo de si hay tiempo suficiente para planificar este tipo de trabajo. Las tareas nuevas resultado de las inspecciones por PM, incluidas las tareas CBM, deben planificarse y programarse antes de su ejecución.

El **objetivo básico** de esta estructura es el establecimiento de las **cuadrillas de trabajo con un tamaño mínimo** para satisfacer las demandas de las tareas de mantenimiento con base a estas estrategias de mantenimiento.

ACTIVIDADES DE PLANIFICACIÓN

Las actividades de planificación generalmente incluyen lo siguiente:

1. Alianzas de sistemas estratégicos
2. Estrategias de mantenimiento
3. Pronóstico de la carga de Mantenimiento
4. Capacidad de Mantenimiento
5. Organización de Mantenimiento
6. Programación de mantenimiento.

1. Alianzas de sistemas estratégicos

Los departamentos de mantenimiento deben tener sus propios planes estratégicos que están alineados con los objetivos estratégicos de sus organizaciones y gestionadas con la máxima eficiencia y eficacia, teniendo en cuenta el enfoque holístico del sistema. Las estrategias para las operaciones de mantenimiento se deben seleccionar entre las alternativas para lograr los objetivos de las organizaciones. Trabajos recientes de Tsang, Murthy, y Al-Turki han discutido cuestiones relacionadas con la planificación estratégica de mantenimiento e identificado varios temas importantes que son esenciales para decidir el plan estratégico de mantenimiento. Estos temas incluyen la externalización de mantenimiento, organización, metodología y apoyo. A nivel estratégico, la gestión decide los objetivos estratégicos de la organización, y de estos objetivos, las metas de la unidad de mantenimiento se derivan para apoyar las metas y la misión estratégica de la organización. A continuación, se seleccionan la organización correcta, la metodología de mantenimiento y apoyo para lograr estos objetivos. La metodología de mantenimiento es la estrategia que se utilizará en el nivel de mantenimiento de los equipos y el soporte incluye los procesos de mantenimiento clave, dotación, sistema de información, la formación y la gestión del rendimiento y sistema de recompensas.

2. Estrategias de mantenimiento

Mantenimiento Correctivo (CM)

Este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir funcionando. No hay ningún elemento de planificación en este tipo de mantenimiento. Este es el caso de cuando los costos adicionales de otros tipos de mantenimiento no pueden ser justificados. Este tipo de estrategia se conoce “**Run to Failure – RtF**” como operar hasta la ruptura del componente del equipo. Es aplicable principalmente a los componentes electrónicos.

Mantenimiento Preventivo (PM)

El **PM** se puede definir como “una estrategia de mantenimiento” de equipos basada en la sustitución o restauración de un activo o componente en un intervalo fijo, independientemente de su condición.

Las tareas de restauración programadas y las tareas de reemplazo son ejemplos de tareas de mantenimiento preventivo.

El Mantenimiento preventivo con base en el tiempo de uso se realiza en horas de marcha o basado en el calendario. Se necesita un alto nivel de planificación. Las rutinas específicas que se

llevarán a cabo son conocidas, así como sus frecuencias. En la determinación de la frecuencia, se necesita por lo general conocimiento sobre la tasa de fallas o la confiabilidad del equipo.

Mantenimiento preventivo con base a las condiciones

Se lleva a cabo el mantenimiento basado en la condición sobre la base de la condición conocida del equipo. El estado de los equipos se determina mediante el control de los parámetros del equipo clave cuyos valores se ven afectados por el estado de los equipos. Esta estrategia también se conoce como **mantenimiento predictivo**.

Mantenimiento de Oportunidad

Este tipo de mantenimiento, como el nombre implica, se lleva a cabo cuando surge la oportunidad. Tales oportunidades pueden surgir durante períodos de parada de un sistema particular y puede ser utilizado para llevar a cabo tareas de mantenimiento conocidas.

Hallazgo de Fallas

El hallazgo de fallas o deficiencias del sistema operativo es un acto o inspección realizado para identificar el nivel de la falla (Oculta, Esporádica, Crónica). Ejemplos de hallazgos y deficiencias (**nearmisses**) de fallas:

- Fuga sistema hidráulico
- Caídas de los parámetros del proceso
- Perdidas de contención

Modificación de Diseño

La Modificación de Diseño se lleva a cabo para llevar el equipo a un estado actual aceptable. Se trata de la mejora y, a veces de fabricación y la expansión de la capacidad. Por lo general, requiere una coordinación con ingeniería y otros departamentos de la organización que realice este tipo de trabajo. Ejemplos:

- Tareas de mantenimiento mayor
- Proyectos de paradas de planta

Revisión

La Revisión es un examen exhaustivo y restauración del equipo o una de las partes principales del equipo a un estado aceptable. Esto suele ser una tarea importante.

Reemplazo

Esta estrategia consiste en reemplazar el equipo en lugar de realizar el mantenimiento. Podría ser un reemplazo planificado o sustitución en caso de fallo.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

RCM es una estrategia de alto nivel cuyo objetivo es optimizar el mantenimiento preventivo (**PMO** por sus siglas en ingles) que se centra en la **identificación de las funciones del sistema y del equipo, los modos fallas, las causas de la falla, la criticidad de los sistemas y plan de acción para corregir las causa que genera el modo de falla o mecanismo de daño**. RCM es un sistema bien

estructurado para optimizar el PM con base a la criticidad del equipo. Se ha implementado en varias industrias que incluyen aviación, nuclear, energética y petroquímica.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

TPM es un sistema de gestión de mantenimiento al incorporar enfoques y técnicas de administración de calidad total (TQM) al mantenimiento. TPM depende de la gestión de equipos y el empoderamiento de los empleados. La columna vertebral de TPM es un programa de mantenimiento preventivo eficaz. TPM identifica seis pérdidas debidas al mantenimiento y tiene como objetivo eliminarlas. Intenta maximizar la efectividad general del equipo.

La Figura 3, Figura 4 y Figura 5 resumen las estrategias de mantenimiento.

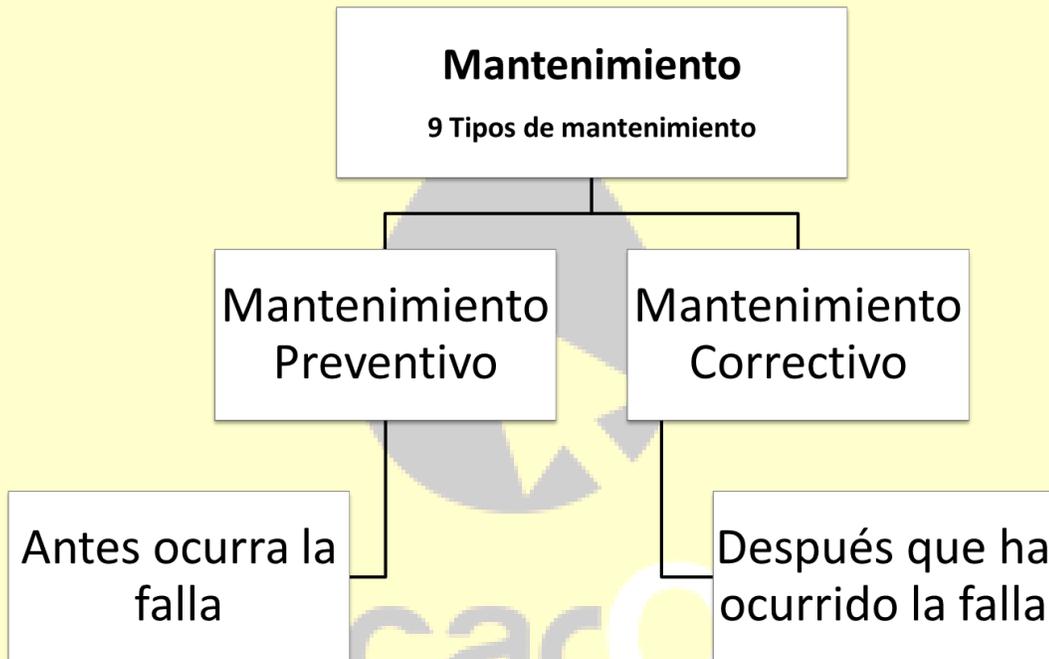


Figura 3. Estrategias de Mantenimiento, Fuente: Planeamiento y Control de Sistemas de Mantenimiento

Salih O. Duffuaa - A. Raouf- Adaptado por el autor.



Figura 4. Estrategias de Mantenimiento Preventivo, Fuente: Planeamiento y Control de Sistemas de Mantenimiento

Salih O. Duffuaa - A. Raouf- Adaptado por el autor.

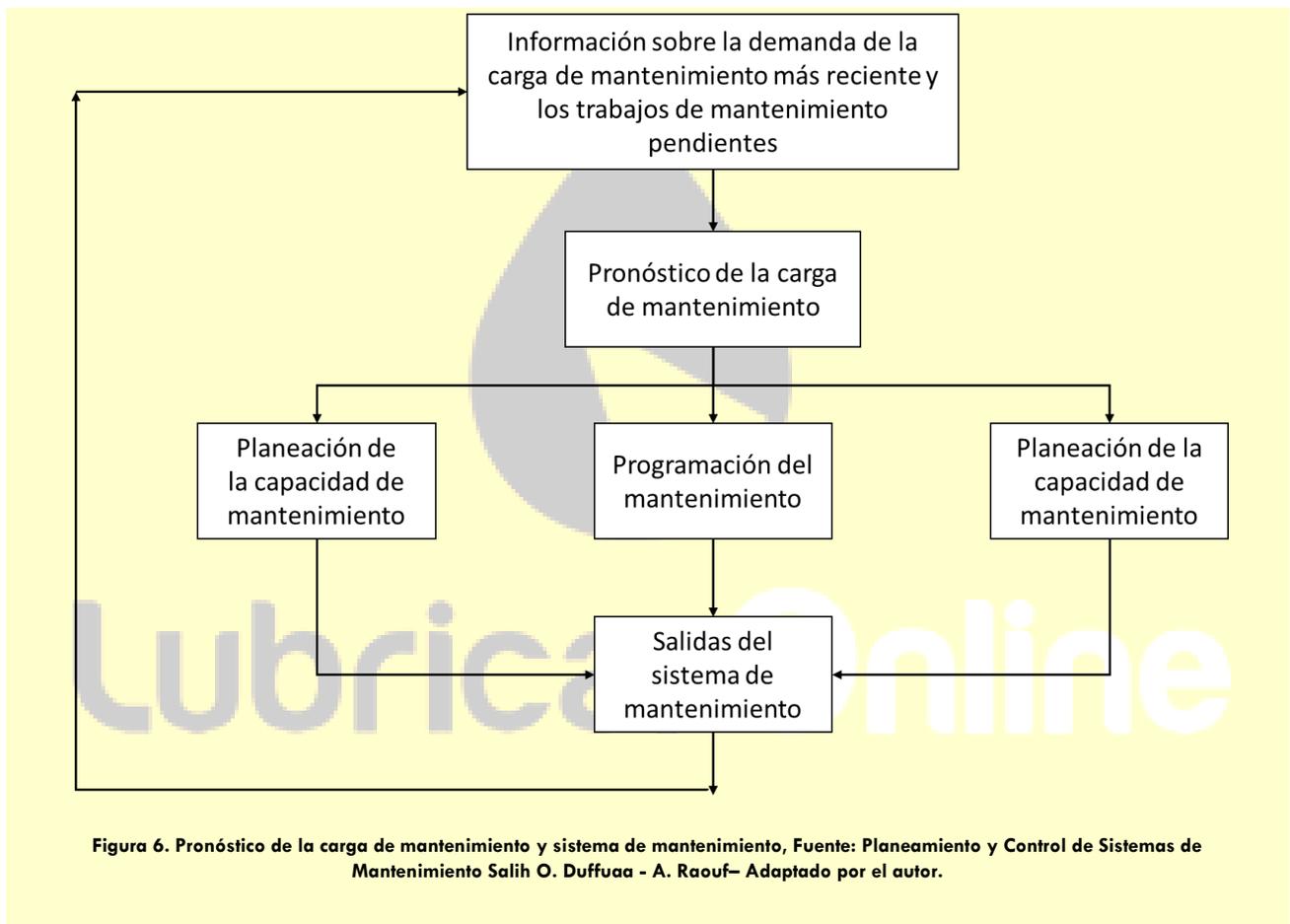


Figura 5. Estrategias de Mantenimiento Correctivo, Fuente: Planeamiento y Control de Sistemas de Mantenimiento

Salih O. Duffuaa - A. Raouf- Adaptado por el autor.

3. Pronóstico de la carga de Mantenimiento

La previsión de carga de mantenimiento es el proceso por el cual se prevé la carga de mantenimiento. La carga de mantenimiento en una planta dada varía al azar y, entre otros factores, puede estar en función de la antigüedad de los equipos, la tasa de su uso, la calidad de mantenimiento, factores climáticos, y las habilidades de los técnicos de mantenimiento. La previsión de carga de mantenimiento es esencial para alcanzar el nivel deseado de la utilización de la eficacia y de recursos, y sin ella, muchas de las funciones de mantenimiento no pueden ser realizadas bien. El rol desempeñado por la previsión de carga de mantenimiento en un sistema de mantenimiento se muestra en la Fig. 6.



4. Planificación de la Capacidad de Mantenimiento

La planificación de la capacidad de mantenimiento determina los recursos necesarios para satisfacer la demanda de los trabajos de mantenimiento. Esos recursos incluyen mano de obra, materiales, repuestos, equipos y herramientas. Los aspectos críticos de la capacidad de mantenimiento son los números y las habilidades de los técnicos, herramientas de mantenimiento necesarias, etc.

Doc Palmer autor del libro Planning and Scheduling, define la planificación “Como la tarea se realizará y el cómo”.

La programación identifica cuándo se completará la tarea y quién lo hará. La planificación y la programación dependen entre sí para ser eficaces.

Sin embargo, la planificación es el primer paso. El objetivo final del proceso de planificación es identificar y preparar a un técnico de mantenimiento con los herramientas y recursos para realizar este trabajo de manera oportuna y eficiente. En otras palabras, la planificación proporciona a los trabajadores de mantenimiento todo lo que necesitan para completar la tarea de manera eficiente.

Dado que la carga de mantenimiento es una variable aleatoria, el número exacto de los distintos tipos de técnicos no se puede determinar.

Desarrollar una buena planificación de mantenimiento puede ahorrar de 1 a 3 veces los recursos en la ejecución del trabajo. Si un trabajo de mantenimiento es repetible, como la mayoría, entonces es esencial planificar el trabajo correctamente porque tendrá una tasa de retorno mucho más alta.

5. Organización de Mantenimiento

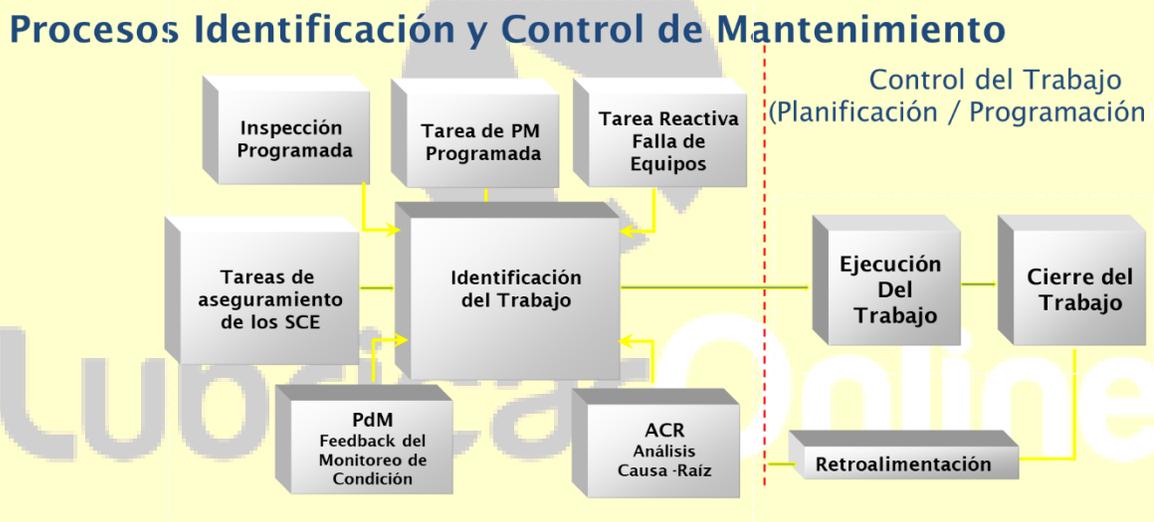


Figura 7. Procesos Gestión Mantenimiento – Adaptado por el autor.

Hay muchos factores que influyen en la organización del mantenimiento. Los factores incluyen el tamaño de la planta, la carga de mantenimiento, el tipo de organización y habilidades de los técnicos.

Con base a estos factores y otros, el mantenimiento se puede organizar, como departamento, área o base central. Cada tipo de organización tiene sus pros y sus contras. En organizaciones grandes, la descentralización del mantenimiento puede producir tiempos de reacción más cortos y puede permitir que los técnicos obtengan más experiencia en los problemas de una sección particular de la planta. Sin embargo, la creación de un número de unidades pequeñas tiende a reducir la flexibilidad del sistema de mantenimiento en su conjunto. La gama de habilidades disponibles se reduce, y la utilización de mano de obra es generalmente menor que la de una unidad de mantenimiento

centralizado. En algunos casos, una solución de compromiso es posible la cual es llamada un **sistema de cascada**. Este sistema permite a las unidades de mantenimiento de la zona de producción para estar vinculadas a la unidad central de mantenimiento.

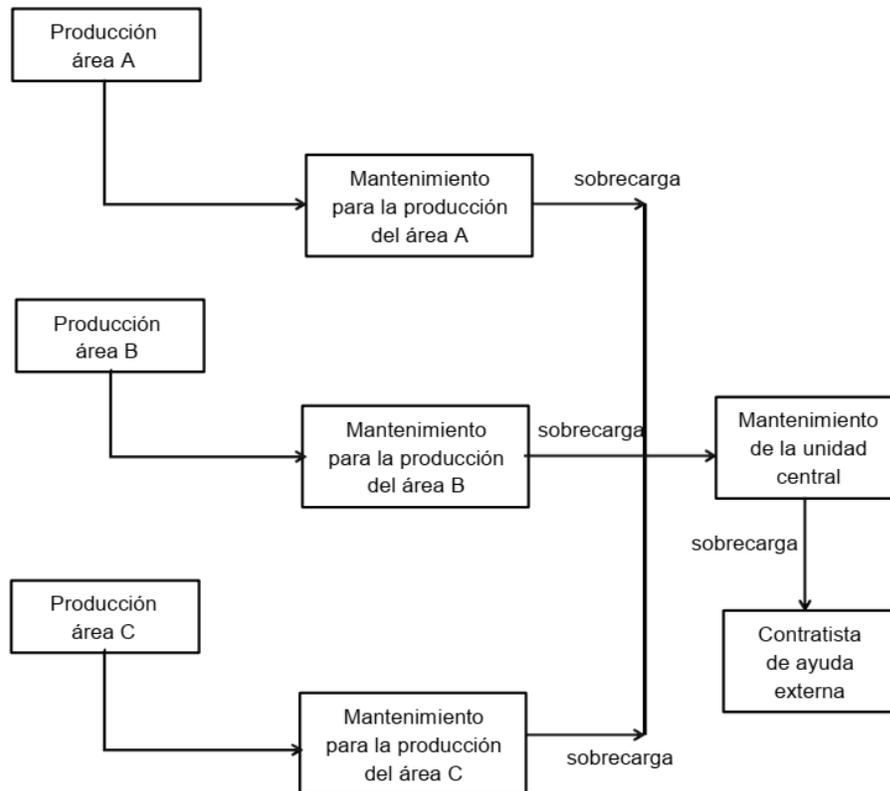


Figura 8. Sistema de Cascada, Fuente: Planeamiento y Control de Sistemas de Mantenimiento Salih O. Duffuaa – A. Raouf– Adaptado por el autor.

6. Programación de mantenimiento

La programación de mantenimiento es el proceso de asignación de recursos y mano de obra para trabajos a llevarse a cabo en determinados momentos. Es necesario garantizar que los técnicos necesarios, las piezas y los materiales necesarios están disponibles antes de que una tarea de mantenimiento se pueda programar.

Los equipos críticos en una planta son aquellos en donde sus modos de falla o mecanismos de deterioro se materializan, producirán una falla grave que afectara la operación, la seguridad del proceso, la seguridad de las personas y al medio ambiente. **Los trabajos de mantenimiento relacionados con estos equipos** son tratados de manera prioritaria y son atendidos antes de realizar cualquier otro trabajo. Las ocurrencias de estos trabajos no se pueden predecir con certeza, y como tal, los calendarios de mantenimiento planificado en estos casos tendrán que ser revisados. La eficacia de un sistema de mantenimiento está fuertemente influenciada por el programa de mantenimiento desarrollado y su capacidad para adaptarse a los cambios. Un alto nivel de

efectividad de la programación del mantenimiento es indicativo de un alto nivel de efectividad del mantenimiento.

RESUMEN SISTEMA DE GESTIÓN MANTENIMIENTO FLUJOGRAMA PRINCIPAL DE ACTIVIDADES ORACLE EAM

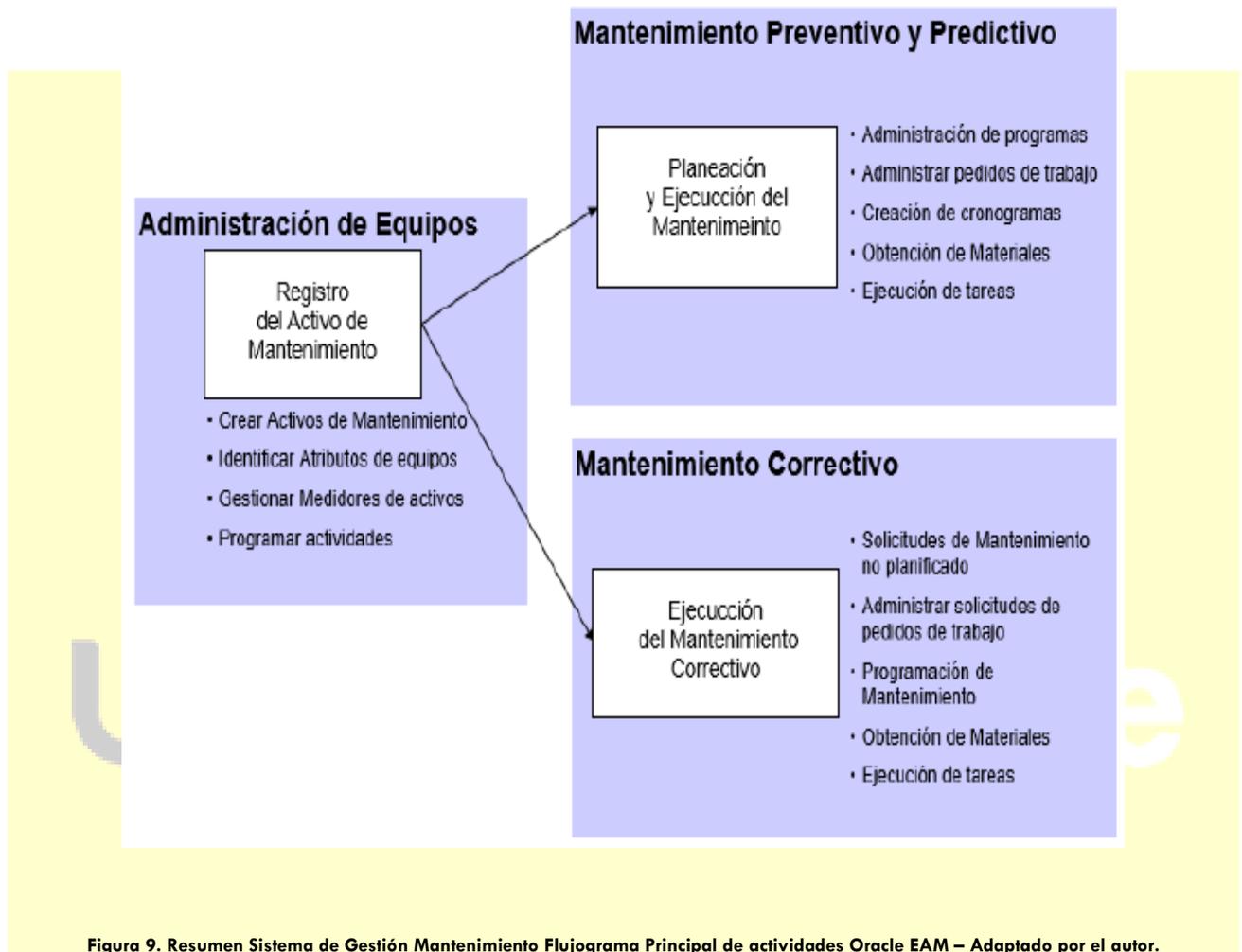


Figura 9. Resumen Sistema de Gestión Mantenimiento Flujoograma Principal de actividades Oracle EAM – Adaptado por el autor.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Sultan KS, Duffuaa SO (1995) Maintenance control via mathematical programming. J Qual Maintenance Eng (JQME) 1(3):36–46
- Ben Daya M, Duffuaa SO (1995) Maintenance and quality: the missing link. J Qual Maintenance Eng (JQME) 1(1):20–26

Clifton RH (1974) Principles of planned maintenance. Edward Arnold Publishers, Ltd.

Ramesh Gulati, CMRP, CRE, P.E. (2013). Maintenance and Reliability Best Practices. Industrial Press, Inc. New York

Santiago García Garrido., (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento, 1nd edition. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S. A.

REFERENCIAS CIBERGRÁFICAS

[https://www.plantservices.com/articles/2017/palmers-planning-corner-wrench-time/.](https://www.plantservices.com/articles/2017/palmers-planning-corner-wrench-time/) ”

EL AUTOR: NAIN AGUADO Q

Ingeniero mecánico, Esp. Maquinaria y Equipo Agroindustrial, MBA en Dirección Proyectos. Process Safety, Occupational Safety and Health Trainer. Mobile Crane Inspector. Experto en Fiscalización de Procesos en la Ingeniería, Procura, Construcción (EPC) de Plantas de Refinación de Petróleo. Experto en Corrosión en la Industria Hidrocarburos. Actualmente soy consultor en gestión de mantenimiento y confiabilidad, lubricación y dirección de proyectos y Director General de LubricarOnline.com.co. Miembro activo de la asociación colombiana de ingenieros (ACIEM), Project Management Institute (PMI), American Society of Mechanical Engineers ASME, AICHE, GPC.

Móvil: +57 301 348 7347

Email: naguado@lubricaronline.com

LubricarOnline

¡FÓRMATE CON LOS MEJORES!

LubricarOnLine Centro de Excelencia

Muy pronto lanzaremos nuestro Curso 100% online. Diseñado y estructurado para adquirir las competencias aplicadas a la lubricación basada en la confiabilidad y su impacto sobre el negocio. Duracion 4 Semanas – 12 horas de Clases en Vivo!!!

<https://lubricaronlinecentrodeexcelencia.sabiorealm.com/>

Para mayor información contáctanos: contacto@lubricaronline.com

Whatsapp: +57 301 3487347



PROGRAMA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN BASADA EN LA CONFIABILIDAD

Diseñado y estructurado para adquirir los conocimientos teóricos y aplicados de la Gestión del Mantenimiento con énfasis en: La lubricación basada en la confiabilidad y su impacto sobre el negocio.



EL CONSEJO DEL ESPECIALISTA

(SUBJECT MATTER EXPERT)

ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS - PHA



LubricarOnline

ABORDAR LOS RIESGOS EN LAS PLANTAS DE PROCESO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PELIGROS DEL PROCESO (PHA)

ES UN PASO CRÍTICO EN LA GESTIÓN DE LA INTEGRIDAD OPERATIVA, SE PUEDEN CATEGORIZAR Y ABORDAR DE MANERA ADECUADA.

© Nain Aguado Q

INTRODUCCIÓN:

La Gestión de Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos (PHA) es uno de los aspectos críticos para lograr la excelencia en la seguridad de los procesos. La gestión del PHA abarca todas las actividades involucradas en identificar peligros y evaluar el riesgo en cualquier instalación operativa a lo largo de su ciclo de vida, para asegurar que los peligros y riesgos para los empleados, el público o el medioambiente estén controlados bajo un nivel de riesgo tolerable en las operaciones de la instalación.

EL METODO HAZOP

El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación. La técnica se fundamenta en el hecho de que las desviaciones en el funcionamiento de las condiciones normales de operación y diseño suelen conducir a un fallo del sistema, y consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas palabras guía.

La metodología del análisis comprende las siguientes etapas:

I. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se describe la Filosofía de Construcción, Operación y Mantenimiento de la Instalación. Para proyectos nuevos mencionar los criterios de diseño de la instalación o proyecto con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacciones principales y secundarias en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques)

Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas, especificando nombre de la sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en kg, barriles, flujo en m³/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, bidones, cuñetes, etc.) y equipo de seguridad. El diagrama de flujo en la figura ilustra el proceso de realización de un estudio HAZOP.

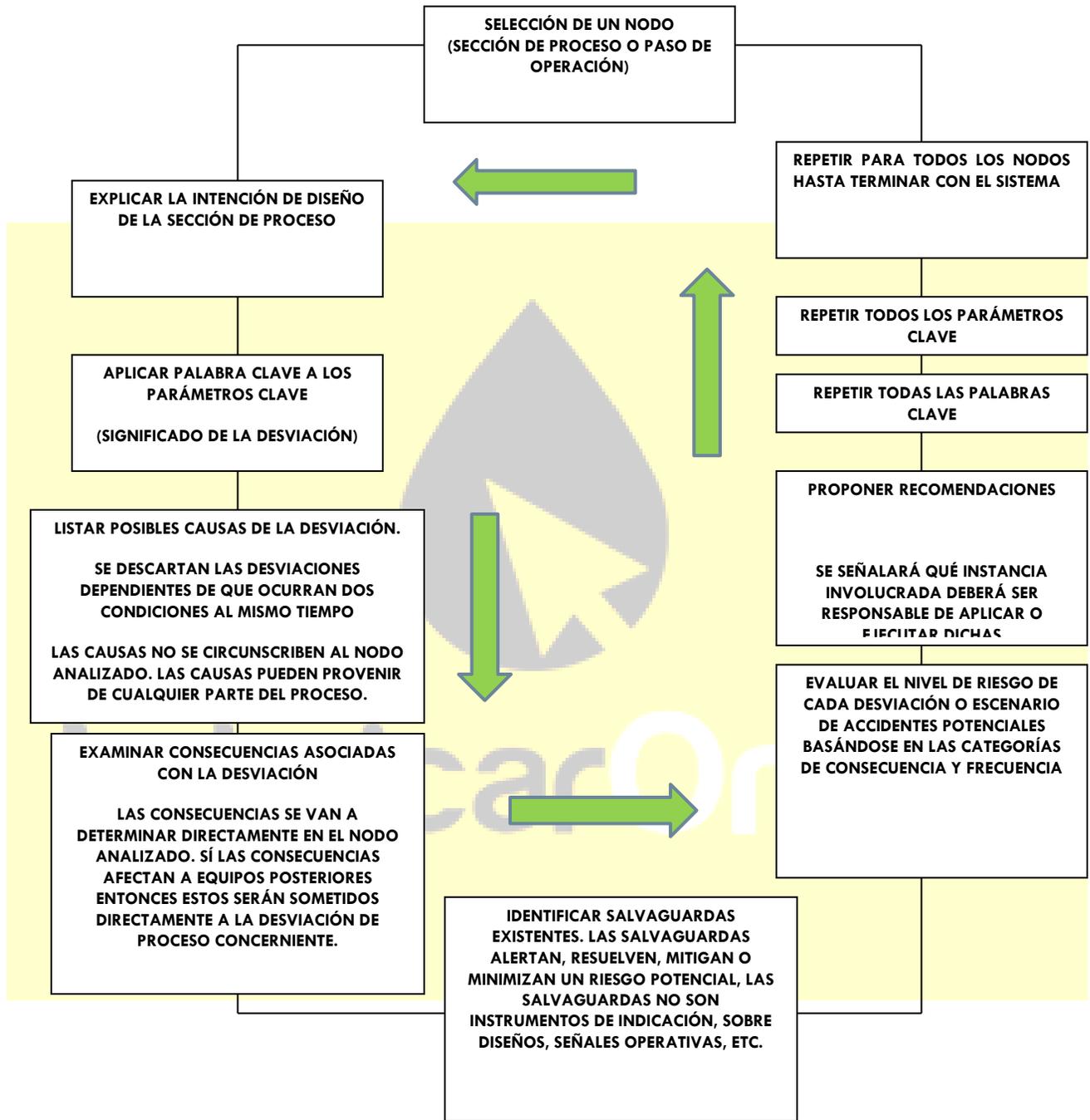


Figura 1. Proceso de realización de un estudio HAZOP.

III. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE.

Consiste en delimitar las áreas del sistema a las cuales se aplica la Técnica para lo cual se definirán subsistemas.

IV. NODOS DE ESTUDIO HAZOP

La estructura básica de un HAZOP es dividir la unidad a analizar en nodos. Los procesos deben dividirse en secciones para una revisión detallada. Un nodo representa una sección del proceso donde tiene lugar un cambio de proceso significativo. Por ejemplo, un nodo podría cubrir la transferencia de material de un recipiente a otro a través de una bomba. En este caso, el cambio de proceso es el aumento de la presión y el flujo que se produce a través del nodo. Otro nodo podría incluir un enfriador de aire de arriba en una columna de destilación. Aquí la temperatura y la fase son las variables del proceso que cambian.

Los ejemplos incluyen la ubicación de las instalaciones, los factores humanos y los problemas comunes de las tuberías.

Necesidad de mirar los peligros desde la perspectiva del proceso general

Los profesionales del estudio HAZOP deben evitar omitir escenarios que pueden no identificarse centrándose en los nodos individuales. Por ejemplo, varios escenarios de error pueden implicar causas que se originan en más de un nodo o sistema.

El facilitador / líder del estudio generalmente prepara la lista de nodos para un proceso antes del comienzo de un estudio.

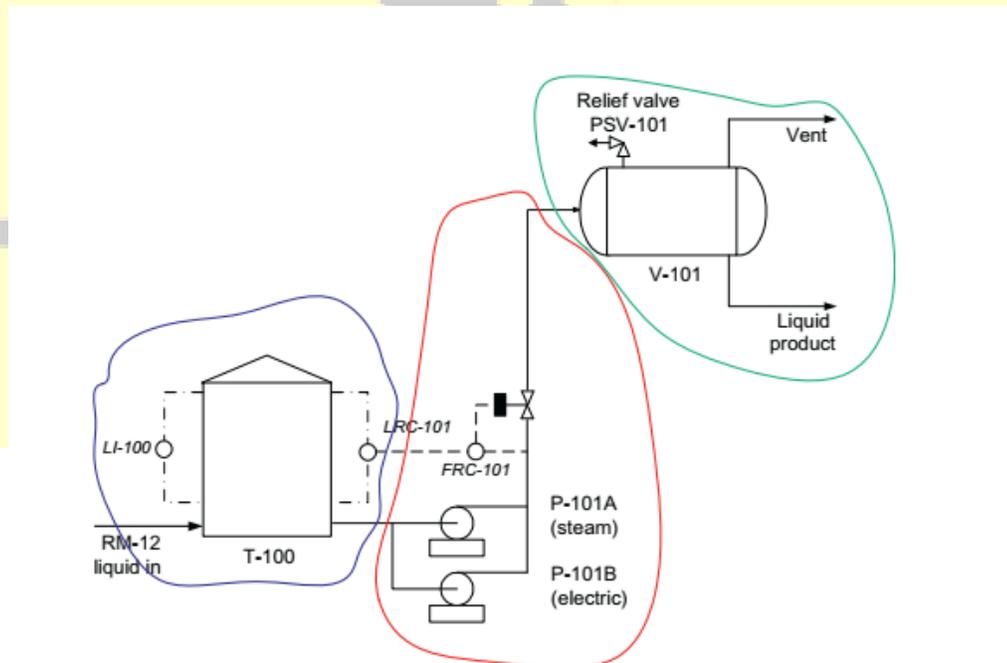


Figura 2. Ejemplos Nodos del Proceso – Adaptado por el autor.³

³ Ian Sutton. Process Risk and Reliability Management

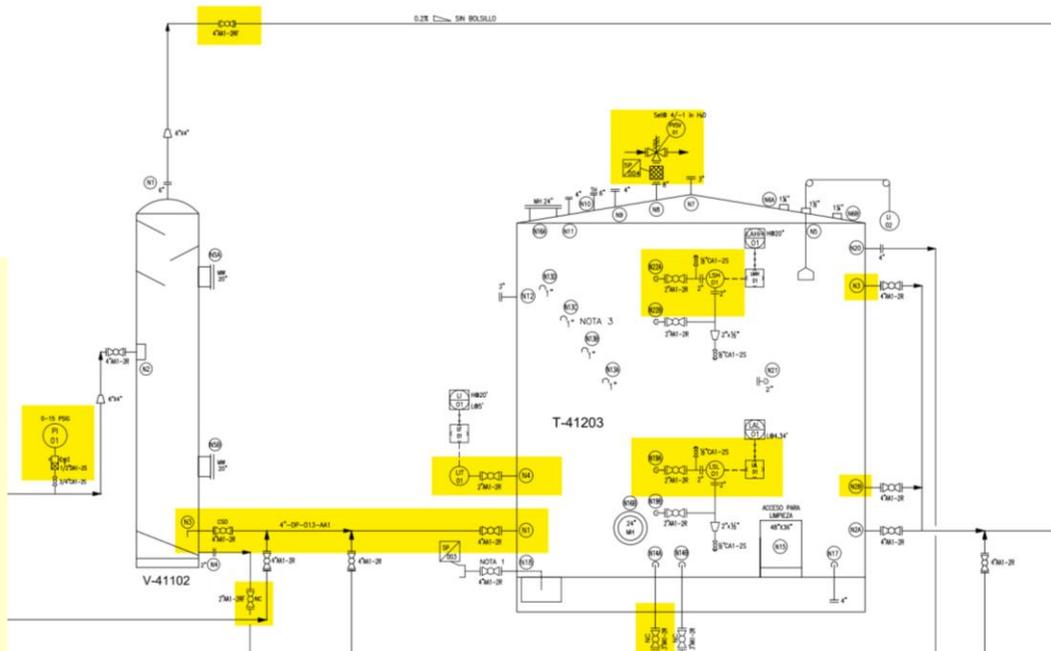


Figura 2. Ejemplos Nodos del Proceso – Adaptado por el Autor

V. DESVIACIONES DEL ESTUDIO HAZOP

Un HAZOP analiza las desviaciones del diseño o las condiciones seguras del proceso, por lo que la primera decisión es seleccionar los parámetros del proceso que son relevantes para la instalación en discusión. Generalmente, se utilizarán los siguientes parámetros: para cada nodo:

Guideword + Parámetro = Desviación

Por lo general, se utiliza un conjunto estándar de palabras guía (ver tabla). Por ejemplo, para una línea de entrada a un recipiente, No + Flujo = Sin flujo, o para un recipiente, Alto + Presión = Alta presión. La generación de tales desviaciones es el aspecto clave de los estudios HAZOP, sin embargo, los profesionales comúnmente cometen errores.

La generación correcta de desviaciones comienza con una comprensión de lo que se entiende por cada palabra guía. Sus significados se proporcionan en la tabla.

PALABRA GUÍA	SIGNIFICADO	COMENTARIOS
NO (NO, NINGUNO)	Negación de la intención de diseño	No se logra ninguna parte de la intención, pero no sucede nada más.
MÁS (MÁS DE)	Aumento cuantitativo	La intención ocurre de una manera que es cuantitativamente mayor. Por lo general, se aplica a cantidades, propiedades y actividades.
MENOS (MENOS DE)	Disminución cuantitativa	La intención ocurre de una manera que es cuantitativamente menor.
ASÍ COMO (TAMBIÉN)	Aumento cualitativo	Toda la intención se logra junto con otra cosa.
PARTE DE	Disminución cualitativa	Parte de la intención se logra, pero otra no.
MARCHA ATRÁS	Opuesto lógico	Sucede lo contrario de la intención. A menudo se aplica a las actividades.
DISTINTO DE	Sustitución completa	No se logra ninguna parte de la intención y algo muy diferente se happens.

Tabla 1. Ejemplos de significativas de Palabras Guía– Adaptado por el Autor

Las desviaciones no deben seleccionarse de un conjunto estándar de manera memorística porque es probable que se pierdan desviaciones importantes. La generación de desviaciones debe formar parte del proceso creativo de los estudios HAZOP. El propósito de usar palabras guía es facilitar la exploración creativa de las desviaciones de la intención del diseño, lo que ayuda a aumentar las posibilidades de completar el estudio.

Es importante entender que cualquier desviación concebible de la intención de diseño se puede generar aplicando una de las palabras guía estándar a un parámetro de proceso, que es el poder del método de estudio HAZOP. El desafío es garantizar que todas las desviaciones importantes se consideren para cada nodo definiendo completamente la intención de diseño y generando un conjunto completo de desviaciones a partir de ella.

PARAMETROS	EVENTO
FLUJO	NO FLUJO
	MENOS FLUJO
	MAS FLUJO
	FLUJO REVERSO
	FLUJO DESVIADO
TEMPERATURA	ALTA
	BAJA
PRESION	ALTA
	BAJA
NIVEL	ALTO
	BAJO
COMPOSICION	CAMBIOS
VISCOSIDAD	
DENSIDAD	
EROSION	ALTA
CORROSION	ALTA

Tabla 2. Ejemplos de significativas de Parametros – Adaptado por el Autor

VI. EVALUAR LAS CONSECUENCIAS

Al generar desviaciones, la mayoría de los profesionales no tienen problemas para aplicar las palabras guía No, Más y Menos a parámetros comunes como Flujo y Presión. Generan desviaciones que son obvias. Sin embargo, la combinación de algunas palabras guía y parámetros puede no producir una desviación obvia.

Por ejemplo, mientras que No Flow es una desviación obvia, As Well As Flow no es significativo tal como está. Aquí, los practicantes deben preguntarse "¿Qué más puede suceder a medida que se produce el flujo?" Una respuesta es una reacción química (por ejemplo, la polimerización, una reacción química, es una preocupación para los monómeros que fluyen, ya que puede causar obstrucciones en las tuberías). Por lo tanto, "Así como el flujo" puede reformularse como la "Reacción química" más significativa.

Para cada desviación analizada se le asigna una categoría, según su nivel de consecuencia y frecuencia de acuerdo con las Tablas 3.

Las consecuencias de cada causa deben analizarse cuidadosamente para ver si llevan al sistema fuera del rango de operación previsto.

Es fundamental identificar plenamente todas las consecuencias, tanto inmediatas como tardías, tanto dentro como fuera de la sección bajo análisis. A menudo ayuda analizar cómo se desarrollan las consecuencias durante un período de tiempo, observando cuándo funcionan las alarmas y los disparos y cuándo y cómo se alerta a los operadores. Esto permite un juicio realista sobre la probabilidad y la influencia de la intervención del operador.

LubricarOnline

Matriz de Calificación del Peligro

Severidad (S) Severidad de las consecuencias de la Lesión/Daño.
Probabilidad (P) Probabilidad de ocurrencia de la Lesión/Daño.
Medidas de Control (M) Medidas de control activas implementadas
Factor de Riesgo (FR) Rating obtenido por la multiplicación de la Severidad, la Probabilidad y las Medidas de Control

Severidad (S)	
	Ptos
Un evento provoca un efecto <u>catastrófico</u> sobre el medio ambiente, las personas y la producción.	9-10
Un evento provoca un efecto <u>alto</u> sobre el medio ambiente, las personas y la producción.	7-8
Un evento provoca un efecto <u>severo</u> sobre el medio ambiente, las personas y la producción.	5-6
Un evento provoca un efecto <u>moderado</u> sobre el medio ambiente, las personas y la producción.	3-4
Un evento provoca un efecto <u>leve</u> sobre el medio ambiente, las personas y la producción.	1-2

Probabilidad (P)	
	Ptos
Una falla (causa) muy frecuente provoca la ocurrencia del evento.	9-10
Una falla (causa) posible provoca la ocurrencia del evento.	7-8
Dos fallas (causas) frecuentes provocan la ocurrencia del evento.	5-6
Dos fallas (causas) posibles provocan la ocurrencia del evento.	3-4
Más de tres fallas (causas) provocan la ocurrencia del evento.	1-2

Medidas de Control (M)	
	Ptos
No existe medida de control activa pueda evitar el evento.	9-10
Existe una medida de control activa que puede evitar el evento.	7-8
Existen dos medidas de control activas que pueden evitar el evento.	5-6
Existen tres medidas de control activas que pueden evitar el evento.	3-4
Existen más de tres medidas de control activas que pueden evitar el evento.	1-2

Número de Prioridad del Riesgo(NPR) Severidad x Probabilidad x Medidas de Control	
Intolerable	> 601
A ser Mejorada	≥ 301 y ≤ 600
Aceptable	≤ 300

PALABRAS CLAVES:

- NO:** Negación completa
- MAS/MENOS:** Aumento o disminución cuantitativa
- ASI COMO:** Aumentos cualitativos
- PARTE DE:** Disminuciones cualitativas
- INVERSIÓN:** La oposición lógica de la finalidad
- DISTINTO DE:** Sustitución completa

Tabla 3. Ejemplos de Evaluacion de Consecuencias y Matriz de Riesgos – Adaptado por el Autor

VII. PLAN DE ACCION

El enfoque utilizado debe acordarse en la definición del estudio. Cualquiera que sea el enfoque que se adopte, es importante que haya consenso entre el equipo sobre cualquier acción positiva, así como sobre las causas y consecuencias. También se deben considerar y cubrir en el estudio HAZOP otras causas, consecuencias y desviaciones que podrían estar asociadas con un cambio. Es esencial que todas las recomendaciones / acciones sean inequívocas y se registren claramente para que puedan ser entendidas en una etapa posterior del proyecto por personas que no sean miembros del equipo.

Son de uso común varios enfoques diferentes:

- Después de que se identifica un problema potencial, siempre se deriva para su investigación fuera de la reunión de HAZOP.
- En el otro extremo, el equipo intenta, siempre que sea posible, abordar el problema y registrar una solución recomendada para ese problema, ya sea de ingeniería o de procedimiento.
- La norma es un enfoque intermedio donde el equipo recomienda una solución al problema solo si hay una FALLA de los estándares o si el equipo ha acordado por unanimidad una solución que está dentro de su autoridad. Todos los demás problemas, especialmente si no hay unanimidad, se remiten para una investigación adicional fuera de la reunión HAZOP. Este enfoque tiene la ventaja de que los cambios de hardware acordados pueden marcarse inmediatamente en el P&ID del estudio y tenerse en cuenta durante el resto del estudio.

LubricarOnline

Nodo: Área Entrada Separador				
Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda (Safeguards)	Recomendaciones
1.2 Mayor Presión				
1.2.1	Fallo de entrada Presión Controlador PIC 100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incrementando la presión causará estrés en entrada del separador, causando ruptura, fuego y explosión resultante. ▪ Riesgo para el personal. ▪ Riesgo para el medio ambiente (Gas toxico) 	Válvula de alivio de presión en entrada separador.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisar el diseño del recipiente. ✓ Investigar posible alarmas independientes. ✓ Realizar análisis SIL para determinar si High Integrity Pressure Protection Systems (HIPPS) es necesario.

Tabla 4. Ejemplos de Evaluacion de Nodo y Recomendacion – Adaptado por el Autor

LubricarOnline

CONCLUSIONES

Las conclusiones alcanzadas por el equipo deben registrarse en su totalidad y deben ser registradas en la **Carpeta de Estudios de Analisis de Riesgos del Sistema de Gestion de Seguridad de Procesos**.

Un informe HAZOP generalmente representa el único registro completo de estudio y de la estrategia operativa prevista por los diseñadores de la planta en la fase de Ingeniería. El informe debe considerarse como uno de los documentos clave que se entregan a los operadores del proyecto.

Los principales entregables de un sistema de riesgo son pautas para planificar y realizar estudios

- Conocimiento documentado de los riesgos del proceso o actividad
- Criterios documentados de tolerancia al riesgo
- Posibles medidas de control de riesgos, resoluciones y acciones implementadas
- Conocimiento documentado de los riesgos residuales después de tomar medidas de control
- Informes completos de análisis de riesgos

REFERENCIAS:

1. Energy Institute. High Level Framework for Process Safety Management. London : Energy Institute, 2013.
2. The U.S. Chemical Safety Board: <https://www.csb.gov/>
3. U.S. Department of Labor. Process Safety: (OSHA 3132). s.l. : U.S. Department of Labor, 2000.
4. Center for Chemical Process Safety. Guideline for Management of Change for Process Safety. New York : John Wiley & Sons, Inc, 2008.
5. Kletz, Trevor. What went wrong? Case histories of process plant disasters and how they could have been avoided. 5th. Oxford : Elsevier, 2009.
6. Sutton Technical Books. Process Safety Management. Sutton Technical Books. [Online] 07 23, 2013.
<http://www.stb07.com/process-safety-management/process-safety-management-index.html>.

EL AUTOR: NAIN AGUADO Q

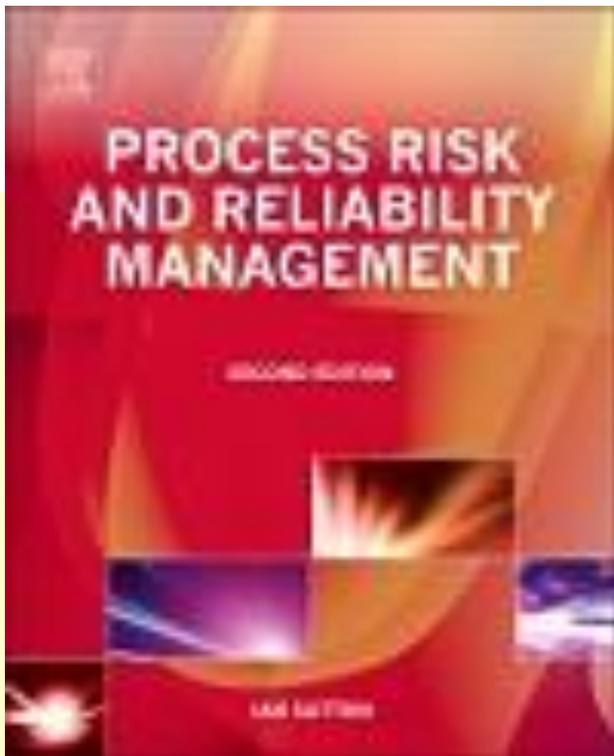
Ingeniero mecánico, Esp. Maquinaria y Equipo Agroindustrial, MBA en Dirección Proyectos. Process Safety, Occupational Safety and Health Trainer. Mobile Crane Inspector. Experto en Fiscalización de Procesos en la Ingeniería, Procura, Construcción (EPC) de Plantas de Refinación de Petróleo. Experto en Corrosión en la Industria Hidrocarburos. Actualmente soy consultor en gestión de mantenimiento y confiabilidad, lubricación y dirección de proyectos y Director General de LubricarOnLine.com.co. Miembro activo de la asociación colombiana de ingenieros (ACIEM), Project Management Institute (PMI), American Society of Mechanical Engineers ASME, AICHE, GPC.

Móvil: +57 301 348 7347

Email: naguado@lubricaronline.com

AUTOR Y LIBRO RECOMENDADO

PROCESS RISK AND RELIABILITY MANAGEMENT



Autor: Ian Sutton

Descripción: La Gestión de la Seguridad de Procesos con énfasis en el Riesgo es mejor Practica para mantener Seguridad Operativa en la Industria de los Procesos Químicos altamente Peligros.

Process Risk and Reliability Management proporciona una guía completa y práctica para el desarrollo e implementación de programas de gestión de seguridad de procesos (PSM). Cubre diseño y operaciones. Muestra cómo mejorar no solo la seguridad, sino también la confiabilidad, el desempeño ambiental, la calidad y la rentabilidad. Las técnicas y los principios se

ilustran con numerosos ejemplos de plantas químicas, refinerías, oleoductos y offshore oil&gas.

¡¡¡Es un gran Libro!!!

SITIO WEB: <https://iansutton.com/books>

LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO EN LA WEB



**PROYECTOS DE PARADAS DE PLANTA,
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL Y LUBRICACIÓN**

CONFIABILIDAD OPERACIONAL



LubricarOnline

LA OTRA VISIÓN DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL

INTEGRANDO METODOLOGÍAS PARA UN DIAGNÓSTICO MÁS CERTERO

© Jean Farfán

I. INTRODUCCION

La Nueva Visión de la Confiabilidad Operacional que se plantea en este artículo es evaluar el entorno y su contexto operacional, con el fin de ir Integrando Metodologías de Confiabilidad Operacional para un Diagnóstico más Certero, que generen valor al proceso y por ende a la empresa (Gananciales - Costos).

En el caso presentado se logró integrar el análisis de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad (CDM) con otras metodologías de confiabilidad operacional, en la cual se determinó la condición actual de un sistema de compresión de gas, muy distinto a la manera tradicional que se conoce (Diagnósticos).

El análisis CDM, permitió predecir la producción perdida y la indisponibilidad de un proceso, de acuerdo con su configuración, políticas de mantenimiento, recursos y su contexto operacional. La situación planteada en este estudio fue estimar el CDM del proceso de producción, basado en puntos mencionados anteriormente.

La aplicación del modelo se realizó en un sistema de compresión de gas (Conjunto Turbina – Compresor).

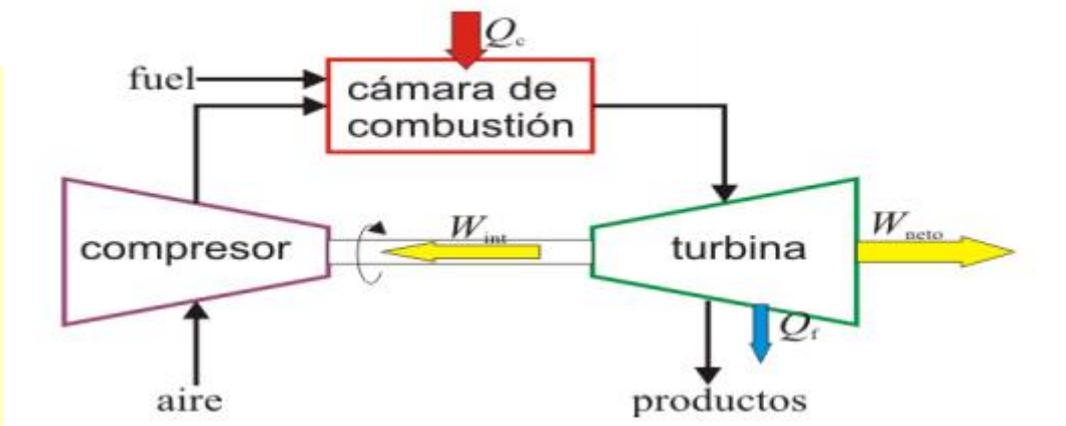


Figura 1. Esquema básico de un conjunto Turbina – Compresor Fuente: Wikipedia (2013)

El estudio CDM determinó que actualmente la planta compresora de gas está trabajando en un 80% de su capacidad, se evidenció un creciente número de fallas 72 en el año, los sistemas con mayor recurrencia de paros fueron: Lubricación, compresión, turbina de potencia, alimentación de aire y fallas externas.

La disponibilidad promedio fue de 77%, representando la compresión de 68 millones de pies cúbico-normales de día (MMPCND) de gas del plan establecido de 80 MMPCND.

PALABRAS CLAVES:

Contexto operacional, confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, análisis CDM.

ABREVIATURAS:

CDM: Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

EF: Estación de flujo,

PC: Planta compresora,

MMPCND: Millones de pies cúbicos normal día de gas.

TPPF: Tiempo para fallar.

De manera general se muestran una serie de definiciones básicas a conocer cuando se dispongan a realizar un estudio CDM.

Contexto operacional: Define en forma precisa todos los elementos que serán considerados en el análisis, desde la definición de las fronteras hasta los distintos activos y/o elementos que forman parte del sistema a evaluar [10].

Turbina de gas: Es un motor térmico rotativo de flujo continuo que se caracteriza por presentar una baja relación peso potencia y una velocidad de giro muy elevada, es capaz de convertir la energía termodinámica de un gas (fluido compresible) en trabajo útil en un eje.

En este tipo de turbinas de gas no se espera un cambio de fase del fluido durante su paso por el rodete. Las turbinas de gas o turbinas de combustión son motores que utilizan el flujo de gas como medio de trabajo para convertir energía térmica en energía mecánica [1].

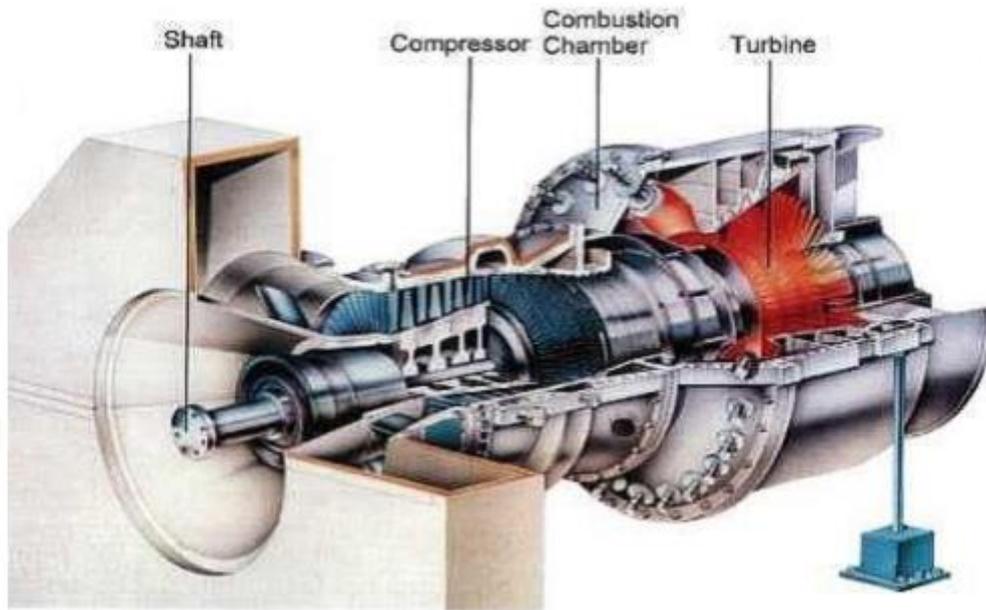


Figura 2. Partes básicas de una turbina. Fuente: Wikipedia (2014)

Compresor: Es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir [1].

Confiabilidad (C(t)): Es la probabilidad de que un equipo o sistema desempeñe en forma satisfactoria la función para la que fue seleccionado, bajo condiciones de operación establecidas y durante un intervalo de tiempo determinado la ecuación para determinar la confiabilidad es la siguiente:

Distribución	Función de Densidad $f(t)$	Función de Distribución $F(t)$	Confiabilidad $C(t)$	Tasa de Fallas $h(t)$	Tiempo Promedio Para Fallar TPPF	Parámetros
Weibull	$f(t) = \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\eta^\beta} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$	$C(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$	$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$TPPF = \lambda \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	β = Parámetro de forma η = Parámetro de escala
Exponencial	$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$	$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$	$C(t) = e^{-\lambda t}$	$h(t) = \lambda$	$TPPF = \frac{1}{\lambda}$	λ = tasa de falla
Normal	$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$F(t) = \int f(t) dt$	$C(t) = 1 - F(t)$	$h(t) = \frac{f(t)}{1 - C(t)}$	$TPPF = \mu$	μ = Medía σ = Desviación Estándar
Gamma	$f(t) = \frac{1}{\beta \cdot \Gamma(\alpha)} \left[\frac{t}{\beta}\right]^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{t}{\beta}}$	$F(t) = \int f(t) dt$	$C(t) = 1 - F(t)$	$h(t) = \frac{f(t)}{1 - C(t)}$	$TPPF = \beta \mu$	α = Parámetro de forma β = Parámetro de escala
Log-Normal	$f(t) = \frac{1}{\sigma' \cdot t \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - \mu')^2}{2\sigma'^2}}$	$F(t) = \int f(t) dt$	$C(t) = 1 - F(t)$	$h(t) = \frac{f(t)}{1 - C(t)}$	$TPPF = e^{\left[\mu' + \frac{1}{2}\sigma'^2\right]}$	μ' = Medía de $\ln(t)$ σ' = Desviación Estándar del $\ln(t)$

Tabla 1. Distribuciones estadísticas de confiabilidad. Fuente PDVSA MM-01-01-02 (2012)

Análisis de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad: Permite pronosticar la producción pérdida y la indisponibilidad de un proceso de producción, de acuerdo a su configuración, a la confiabilidad de sus componentes, a las políticas de mantenimiento, al recurso disponible y a la filosofía operacional [7].

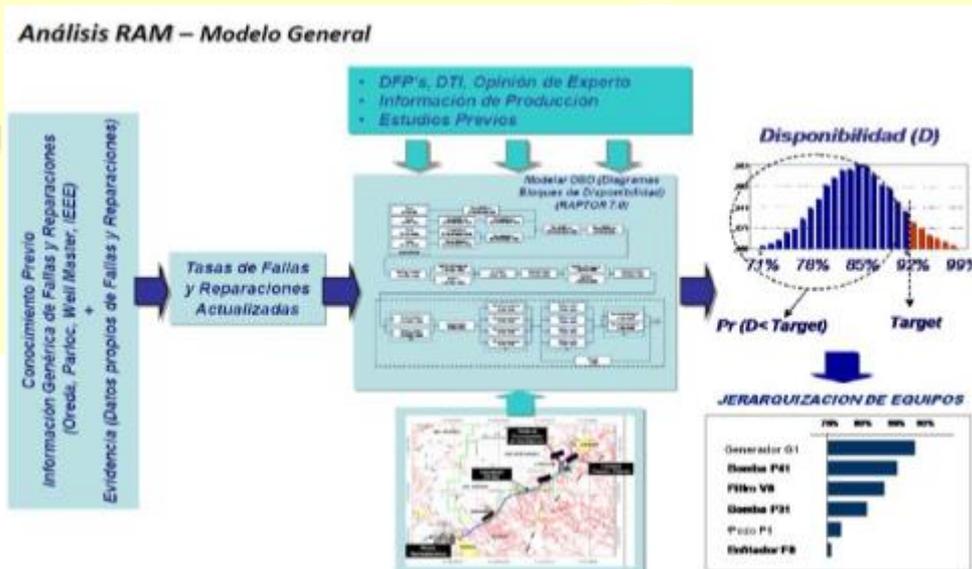
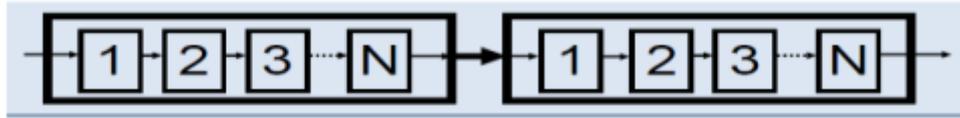


Figura 3. Modelo General del Análisis RAM. Fuente Reliability And Risk Management S.A, Confiabilidad Integral © Tomo I (2012)

CÁLCULO DE CONFIABILIDAD EN SISTEMAS EN SERIE Y PARALELO

Circuitos en serie: Son sistemas conformados por múltiples elementos de los cuales deben operar todos para que el sistema cumpla con su función.

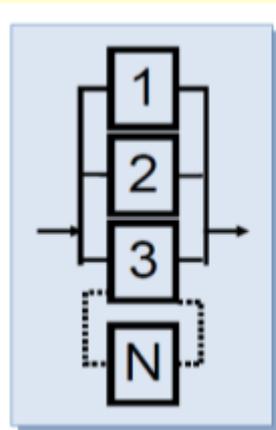


$$C_{SIST.}(t) = C_1(t) * C_2(t) * C_3(t) * \dots * C_N(t) = \prod_{i=1}^N C_i(t)$$

$$F_{SIST.}(t) = 1 - [C_1(t) * C_2(t) * C_3(t) * \dots * C_N(t)] = \left[1 - \prod_{i=1}^N (1 - F_i(t)) \right]$$

Figura 4. Confiabilidad en serie. Fuente: Reliability And Risk Management S.A, Confiabilidad Integral ® Tomo I (2012)

Circuitos en paralelo: Son sistemas conformados por múltiples elementos de los cuales debe operar al menos uno para que el sistema cumpla con su función.



Son sistemas conformados por múltiples elementos de los cuales debe operar al menos uno para que el sistema cumpla con su función.

$$F_{SIST.}(t) = F_1 * F_2 * F_3 * \dots * F_N = \prod_{i=1}^N F_i(t)$$

$$C_{SIST.}(t) = 1 - F_{SIST.}(t) = 1 - \prod_{i=1}^N [1 - C_i(t)]$$

Figura 5. Confiabilidad en paralelo. Fuente: Reliability And Risk Management S.A, Confiabilidad Integral ® Tomo I (2012)

Crystal Ball®: Es una suite de aplicaciones basada en hojas de cálculo, líder para modelaje predictivo, previsión, simulación, optimización y análisis de riesgos e incertidumbre a la hora de tomar decisiones [14].

El proceso básico para utilizar Crystal Ball es:

1. Crear un modelo de hoja de cálculo que describa una situación incierta (Cuantificación de riesgos).
2. Ejecutar una simulación en él (Simulación de Monte Carlo).
3. Analizar los resultados (Gráficos, informes y datos).

II. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA COMPRESORA DE GAS SUJETA AL ESTUDIO

El Centro Operativo donde se realizó el estudio, forma parte de un conjunto de instalaciones de producción de petróleo y gas, la cual maneja una producción promedio de ocho mil barriles de crudo (8 MBD) y doscientos treinta millones de pies cúbico-normales día de gas (230 MMPCND), está conformada por una serie de plantas destinadas a la compresión e inyección de gas para extracción de crudo de forma secundaria.

Dichas plantas son: Planta compresora A, B, C, D y E, en ellas el gas es comprimido para su posterior inyección a los yacimientos del campo, y con transferencia a una Estación principal.

La Planta Compresora de gas en estudio comenzó su construcción en el año 2007 culminando su instalación septiembre del año 2010. La planta está compuesta por un equipo turbo compresor MARS 100 de la marca SOLAR Turbines, cuya función es comprimir gas de media presión (550 psi a 1100 psi) proveniente de las Estaciones de Flujo A y B con un volumen de 80 millones de pies cúbico normales día de gas (MMPCND), el cual es procesado por el turbo compresor elevando su presión a 1300 psi, para su posterior transferencia a la Planta Deshidratadora 1 y posteriormente dicho gas es alimentada la Planta Compresora C, la cual inyecta el volumen de gas requerido por los yacimientos, adicionalmente se cuenta con una flexibilidad operacional para enviar gas al mercado interno.

Desde su operación la Planta Compresora de gas, no ha cumplido con los requerimientos de compresión establecidos en el portafolio de oportunidades del campo (80 MMPCND de gas), producto del alto número de paros no programados, atraso en la ejecución del mantenimiento, inexistencia de estudios de confiabilidad operacional en sus fases de diseño y operación requeridos por el sistema para operar de forma segura y confiable durante su ciclo de vida útil.

Por los motivos mencionados se hizo importante integrar metodologías para realizar un diagnóstico más certero de la confiabilidad de la Planta Compresora, con el fin estimar la disponibilidad futura, de acuerdo con el perfil manejo del gas del Campo; y así poder incrementar los niveles de confiabilidad de la misma.

De manera resumida se explica el paso a paso a seguir basado en el enfoque mostrado en la figura 6.

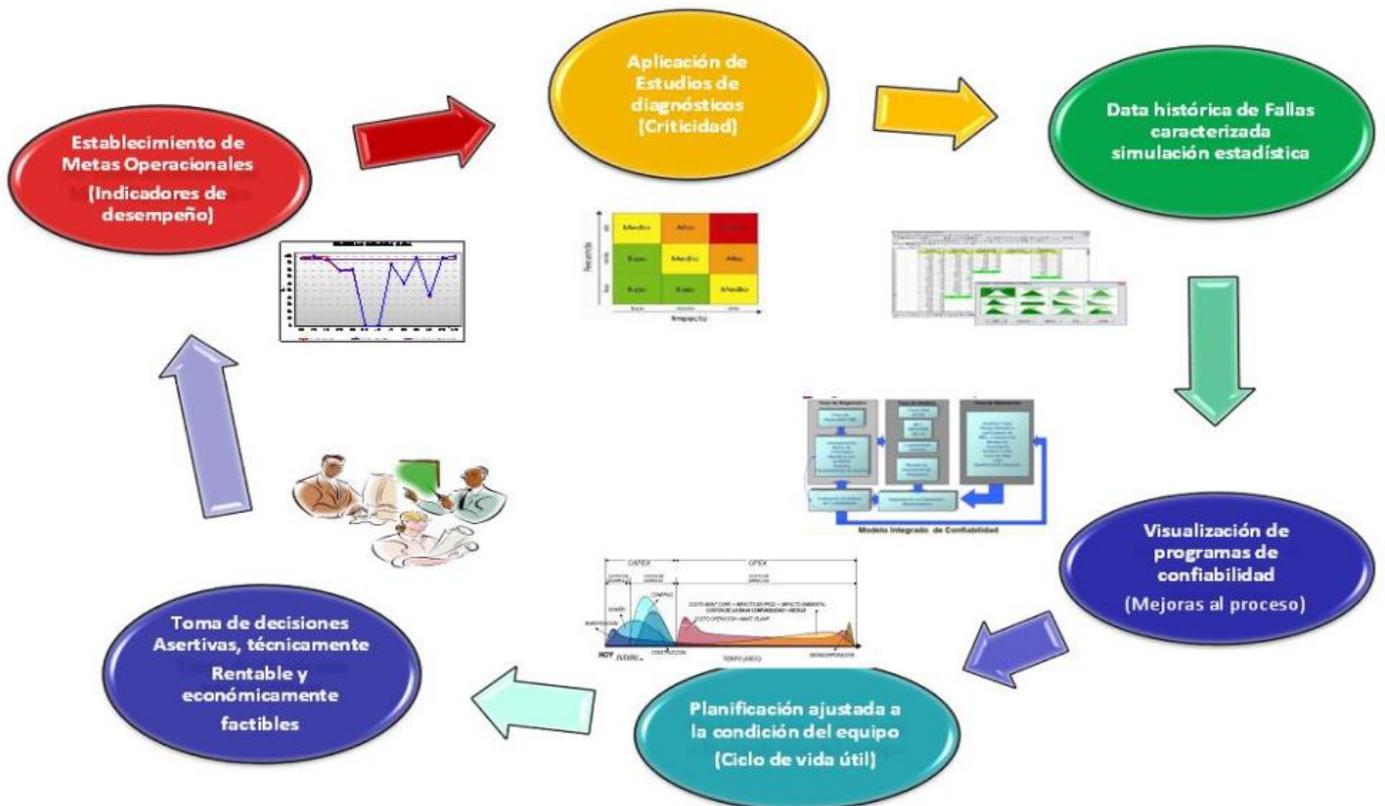


Figura 6. Integración de Metodologías de Diagnóstico de Confiabilidad Operacional Fuente: Elaborada por el autor (2013)

Una vez conocido el entorno del sistema a estudiar, se procede a describir de manera clara y sencilla los pasos de la metodología planteada en la figura 6.

Paso 1. Análisis de Contexto operacional, delimitación de sistemas, histórico de fallas (Turbina – Compresor), e indicadores de desempeño. Para desarrollar este punto se establecieron las siguientes premisas.

Contexto operacional se validó bajo la norma PDVSA MM-02-01-00 ISO 14224 para clasificar los sistemas (límite de batería o frontera) sección de turbinas y compresor.

Data histórica de Fallos se tomaron de los libros de operadores y mantenedores.

Indicadores de desempeño, para ello se revisó la data de movimientos de la Planta Compresora de gas (tiempos en servicios, para fallar y paros no programados).

Paso 2. Jerarquización de modos de fallas, se utilizó como base el Teorema de Pareto. El cual sostiene que el 80% de los efectos son provocados por el 20% de las causas.

Paso 3. Caracterizar y simular en Crystal Ball® tiempos para fallar (TPPF) y en servicio (SERV).

La base fundamental de este análisis es la determinación por medios probabilísticos de los tiempos para fallar y servicio (TPPF y TPFS), se tomó la data histórica ya clasificada por sistemas, a fin de determinar cuál es la distribución estadística resultante de los datos suministrados.

Los parámetros de las distribuciones resultantes son introducidos en los bloques definidos de cada sistema en el software RAPTOR 7.0., en la figura 7, se muestra un ejemplo de la clasificación de sistemas y la distribución resultante con sus parámetros.

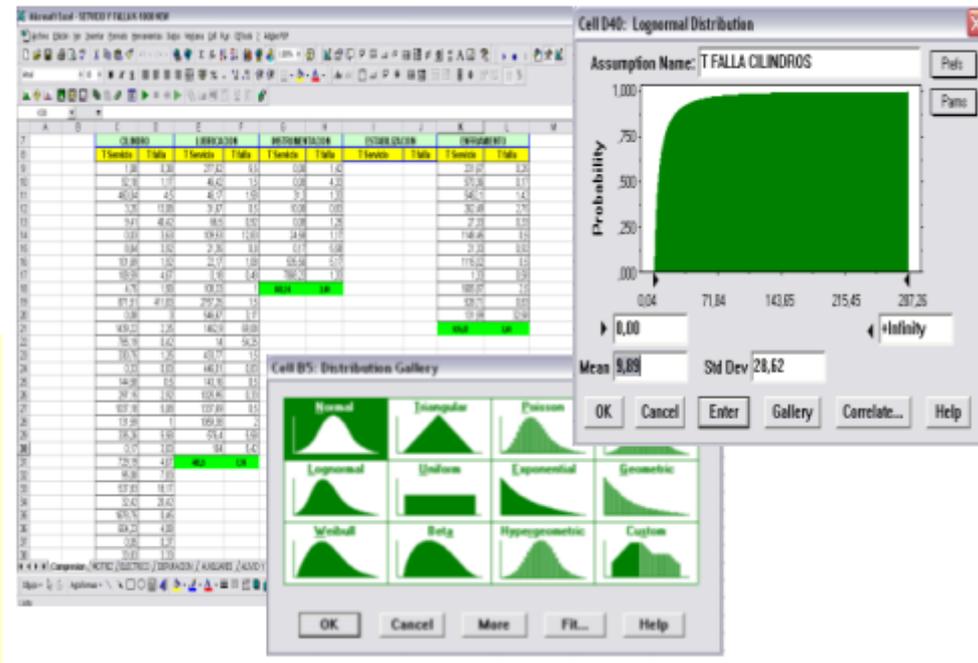


Figura 7. Caracterización en Crystal Ball® de TPPF y Tiempos en Servicio Fuente: Elaborada por el autor (2013)

Paso 4. Elaboración del diagrama de bloque del sistema, mediante el software RAPTOR 7.0.

La elaboración de diagrama de bloque fue analizada de manera integral (Configuraciones de equipos y modalidad de operación), la red está conformada por un equipo turbo compresor y accesorios (válvulas, depuradores, enfriadores, gas combustible). En la figura 8 se muestra el esquema de construcción del diagrama de bloques en RAPTOR 7.0.

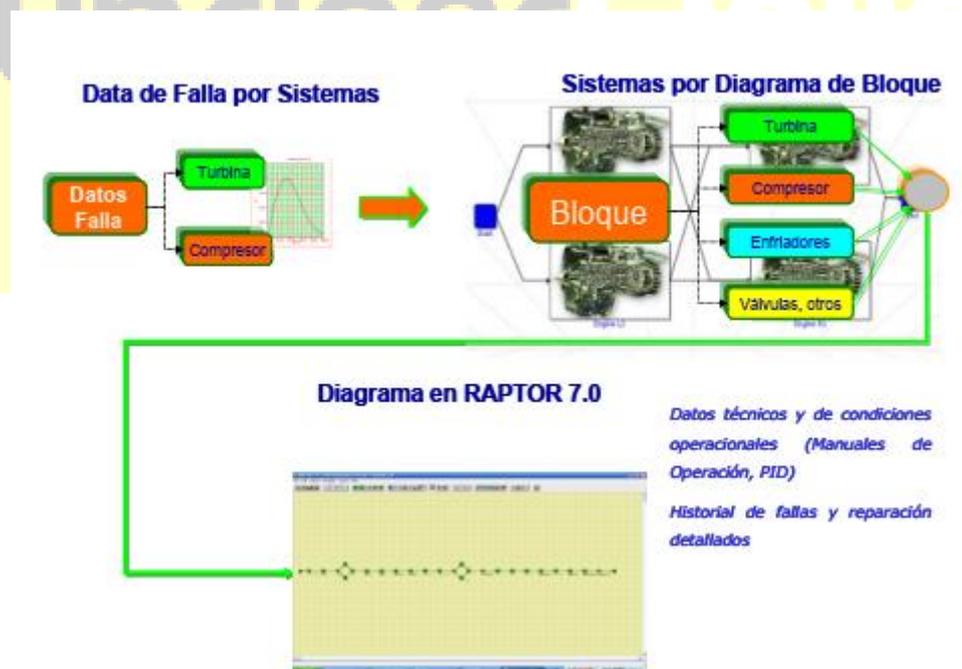


Figura 8. Construcción y modelamiento del sistema de compresión de gas en RAPTOR 7.0 Fuente: Elaborada por el autor (2013)

Para el cálculo de CDM, se tomaron los parámetros arrojados del Crystal Ball® de cada distribución y se introducen en los bloques del Raptor 7.0, a fin de obtener los valores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad del sistema.

Paso 5. Simulación de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, utilizando el programa RAPTOR 7.0.

Para la simulación se generaron varios casos a fin de evaluar el comportamiento futuro de la instalación tal y como se presenta a continuación:

Escenarios	8640	17520	25920	35040
	Hrs	Hrs	hrs	Hrs

Tabla 2. Escenarios para el estudio CDM Fuente: Elaborada por el autor (2013)

Ya culminado los pasos mencionados en la figura 6 (Integración de metodologías de diagnóstico), se procedió a revisar el perfil de manejo del gas del Campo, con el fin de conocer la proyección de gas asociada a dicha planta y su desempeño en base al estudio CDM, de manera de generar las alertas para mejorar el proceso y cumplir con el objetivo planteado en el perfil de gas.

En la figura 9, se muestra el perfil de producción de gas a 550 psi indicando capacidad instalada y la requerida para el periodo evaluado.

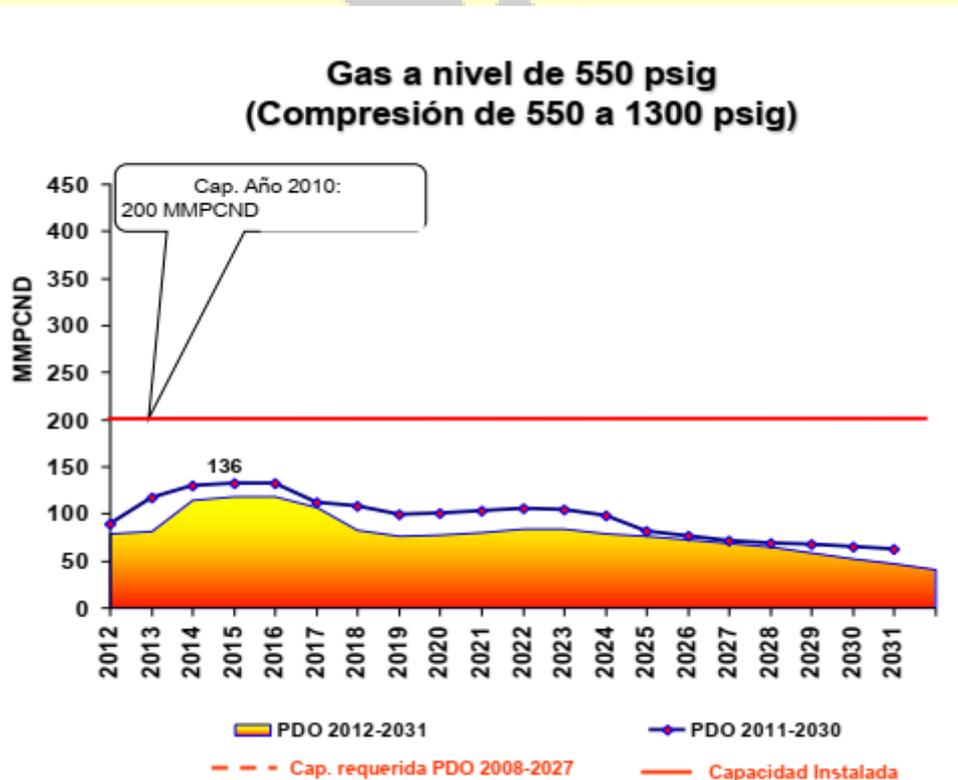


Figura 9. Perfil de Producción de Gas. Fuente PDVSA (2013)

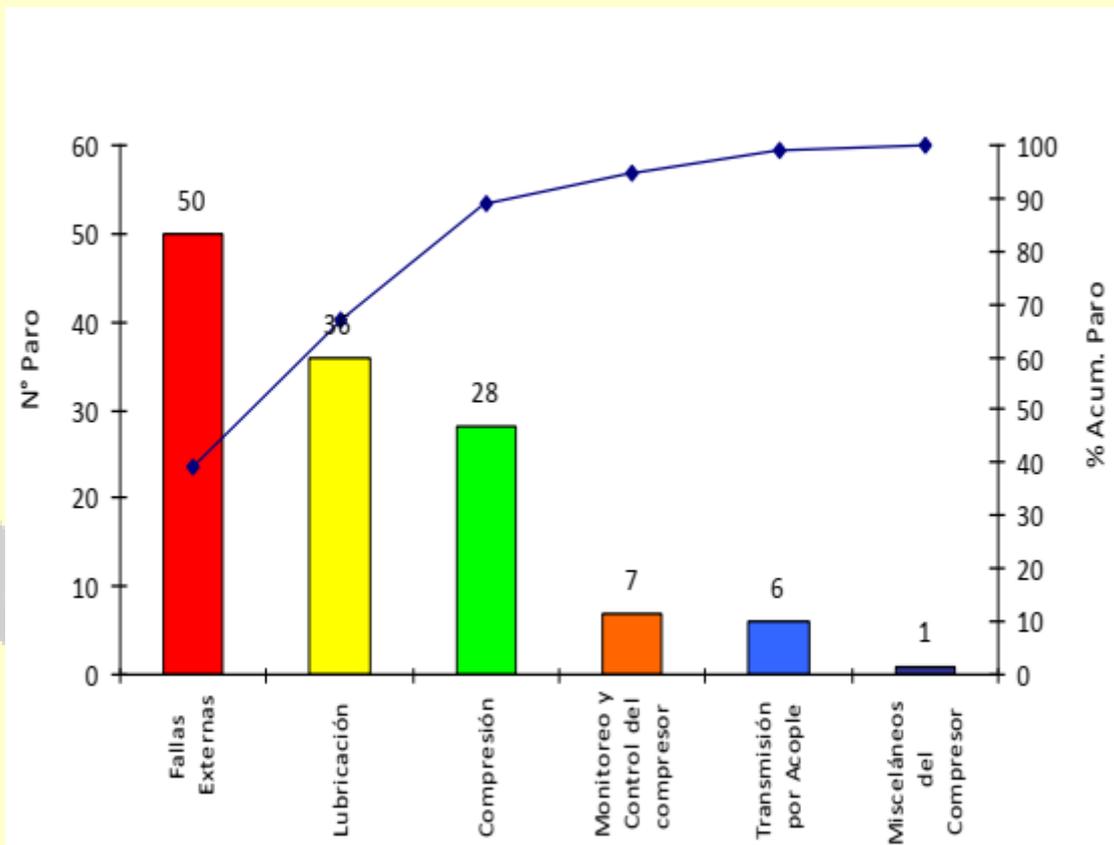
Una vez ya realizado el paso a paso del modelo de integrar metodologías de confiabilidad para un diagnóstico más certero planteado en este estudio en el sistema de compresión de gas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Contexto operacional**, la Planta Compresora NO cumple, actualmente está procesando 65 MMPCND de gas, generando un impacto en el cumplimiento (-15 MMPCND gas).

Este incumplimiento es generado por la multiplicidad de fallas presentadas en el periodo de estudio.

- **Modos de falla (Turbina- Compresor)** bajo el esquema de número y horas de fallas arroja lo siguiente:
 - **Compresor centrífugo:** Afectación por fallas externas, lubricación y compresión.
 - **Turbina:** Las fallas son por lubricación, turbina de potencia y alimentación de aire.

En la figura siguiente, se aprecian los modos de falla jerarquizados por sistemas de la Planta Compresora de Gas.



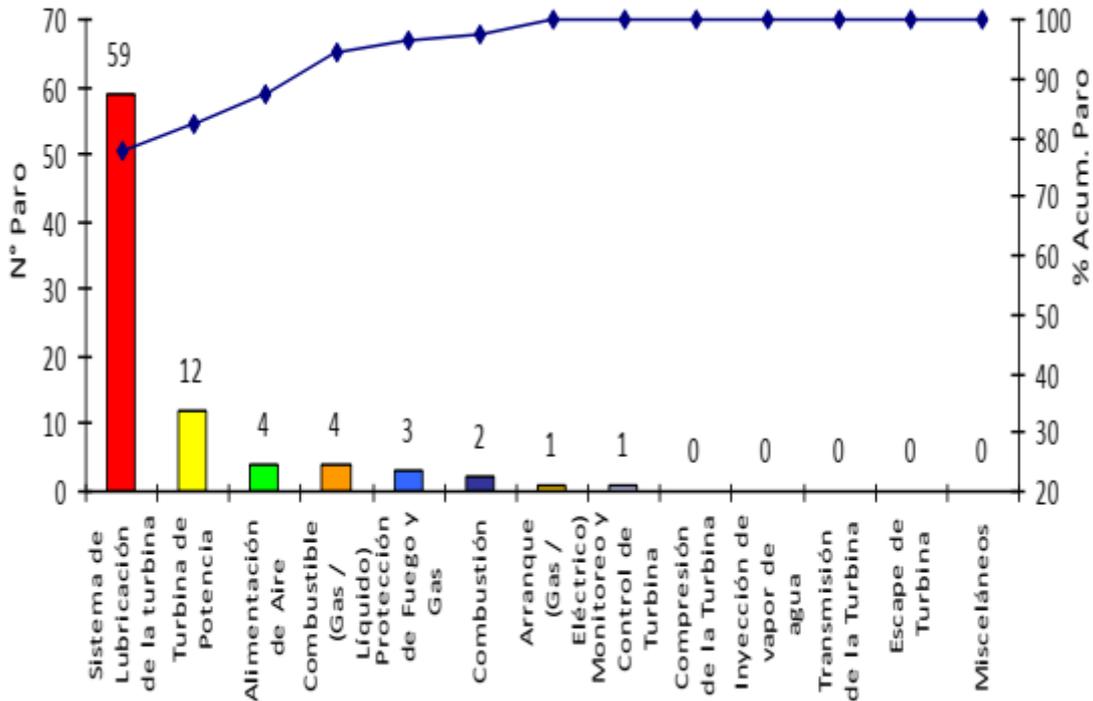


Figura 10. Pareto de falla Fuente Elaborado por el autor (2013)

KPI (disponibilidad, tiempo promedio para fallar, fuera de servicio y factor de utilización). En la cual se evidenció que la planta muestra una tendencia desfavorable.

Este tipo de indicadores (Disponibilidad, TPPF y TPFS) muestra la gestión asociada al mantenimiento, lo cual no está siendo lo más efectiva, ya que en promedio año presentó una falla cada siete (7) días con un tiempo fuera de servicio de tres (3) días promedio.

En cuanto al factor de utilización y disponibilidad, la unidad presentó un comportamiento de 73% promedio y la estándar clase mundial para este equipo es de 95%.

Con respecto a los tiempos promedios para fallar y fuera de servicio el estándar es de 2920 horas (TPPF) y 4 horas para el TPFS, ambos no cumplen la meta, ya que el TPPF promedio año fue de 80 horas y el TPFS de 11 horas. Esto da como resultado que la planta amerita una atención más eficiente en cuanto a los mantenimientos y tenencia de repuestos para tal fin.

De igual manera se presentó un promedio año de producción diferida por indisponibilidad de 667 MMPDND de gas no procesado, lo que generó pérdidas por un monto de 627 Mil dólares. Igualmente se tienen los costos por mantenimientos correctivos por el orden de los 175 Mil dólares. Estos indicadores de desempeño y económicos dan un reflejo de cómo se encuentra actualmente la planta.

En la figura siguiente se muestra el resultado de los indicadores de desempeño llevados para la Planta Compresora de Gas.

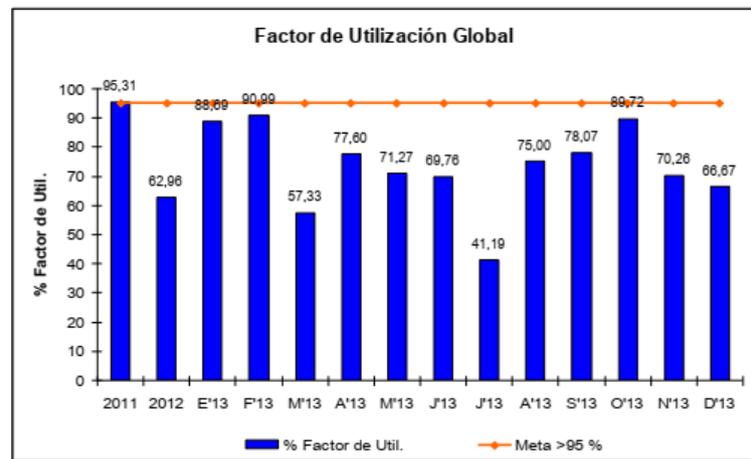
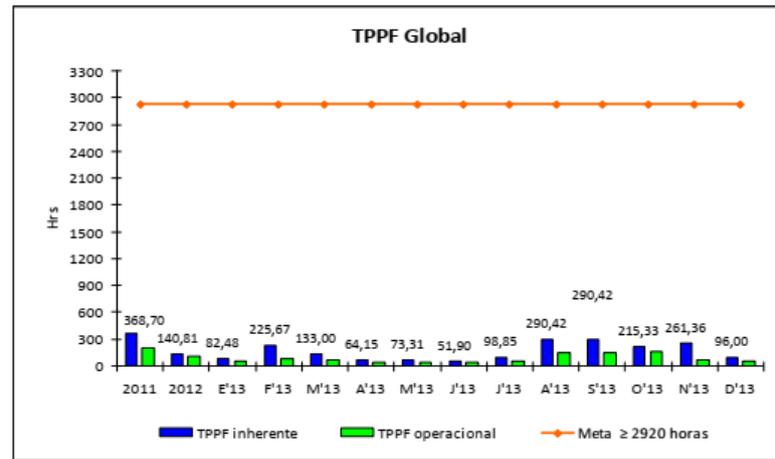
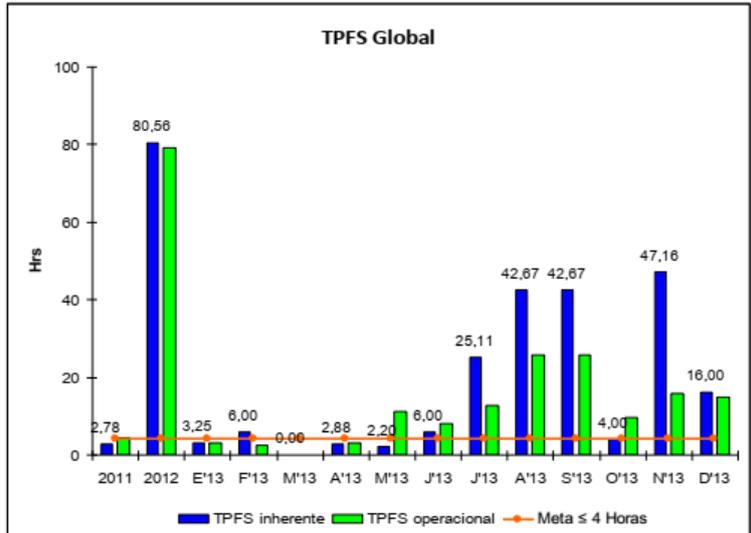
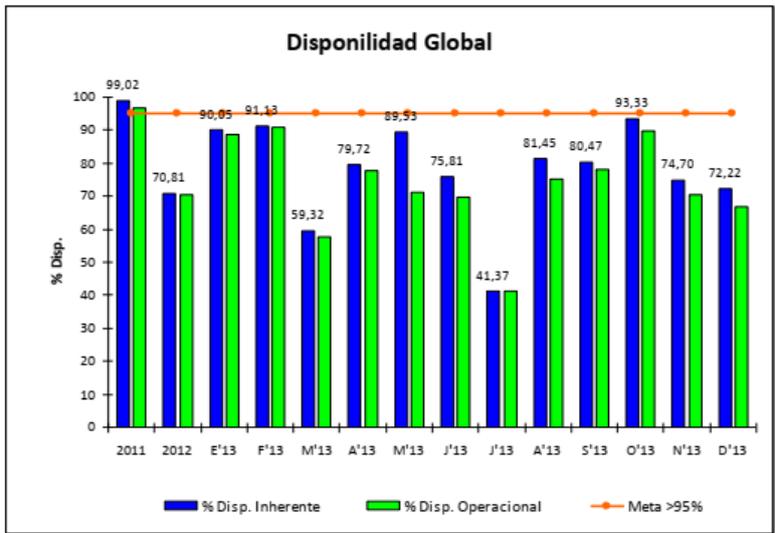


Figura 11. Indicadores de Desempeño Fuente: Elaborada por el autor (2013)

En cuanto a la Jerarquización de modos de fallas y su criticidad, muestran que el sistema de lubricación de la turbina, fallas externas y lubricación del compresor presenta alto número de fallas con afectación considerable (alta). El compresor, turbina de potencia, gas combustible (media) y en baja combustión, arranque y monitoreo y control de la turbina.

Tal y como se presenta a continuación.

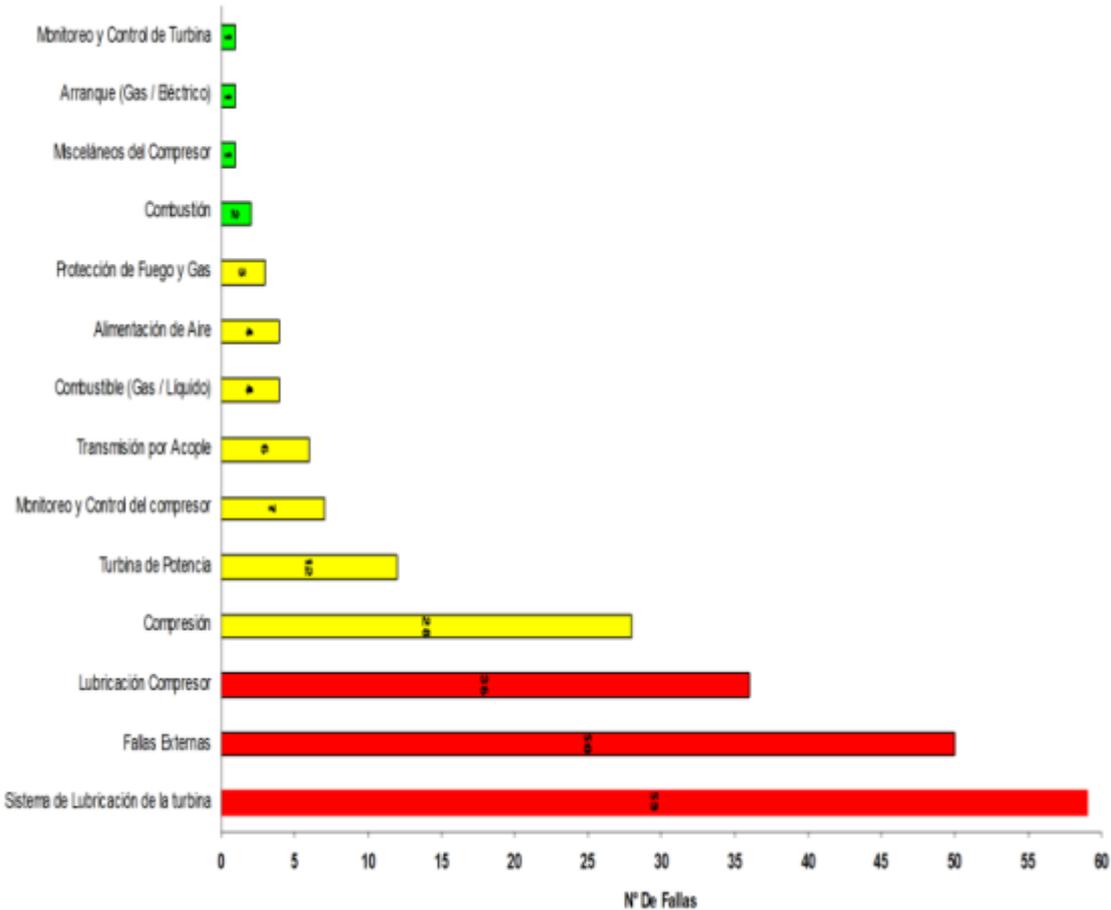


Figura 12. Jerarquización por criticidad de sistemas Turbina – Compresor (Fuente: Elaborada por el autor)

Simultáneamente la caracterización de la data histórica fue tomada de datos operacionales actuales para ser modelada en el Crystal Ball®, el programa arrojó en cada una de las gráficas generadas la distribución que más se ajustó al conjunto de datos, en la figura 13 se muestra referencia el resultado generado de la turbina y compresor.

Se puede apreciar los tiempos de operación y para reparar del compresor de la Planta Compresora, presentaron un tiempo medio de reparación (TPPR) de 15 horas con un grado de certeza del 80% que el equipo compresor tendrá este comportamiento.

La probabilidad de operación de la turbina los tiempos presenta como tendencia media 1108 horas con una certeza de 100%, lo que indica que, a mayor tiempo de operación del equipo, la probabilidad que se encuentre en servicio es menor.

Igualmente ocurre con los tiempos de reparación, en donde la media indica que se encontrará en 127 horas promedio con una certeza del 100%, lo que demuestra que a medida que transcurra un tiempo mayor, menor su probabilidad de reparación.

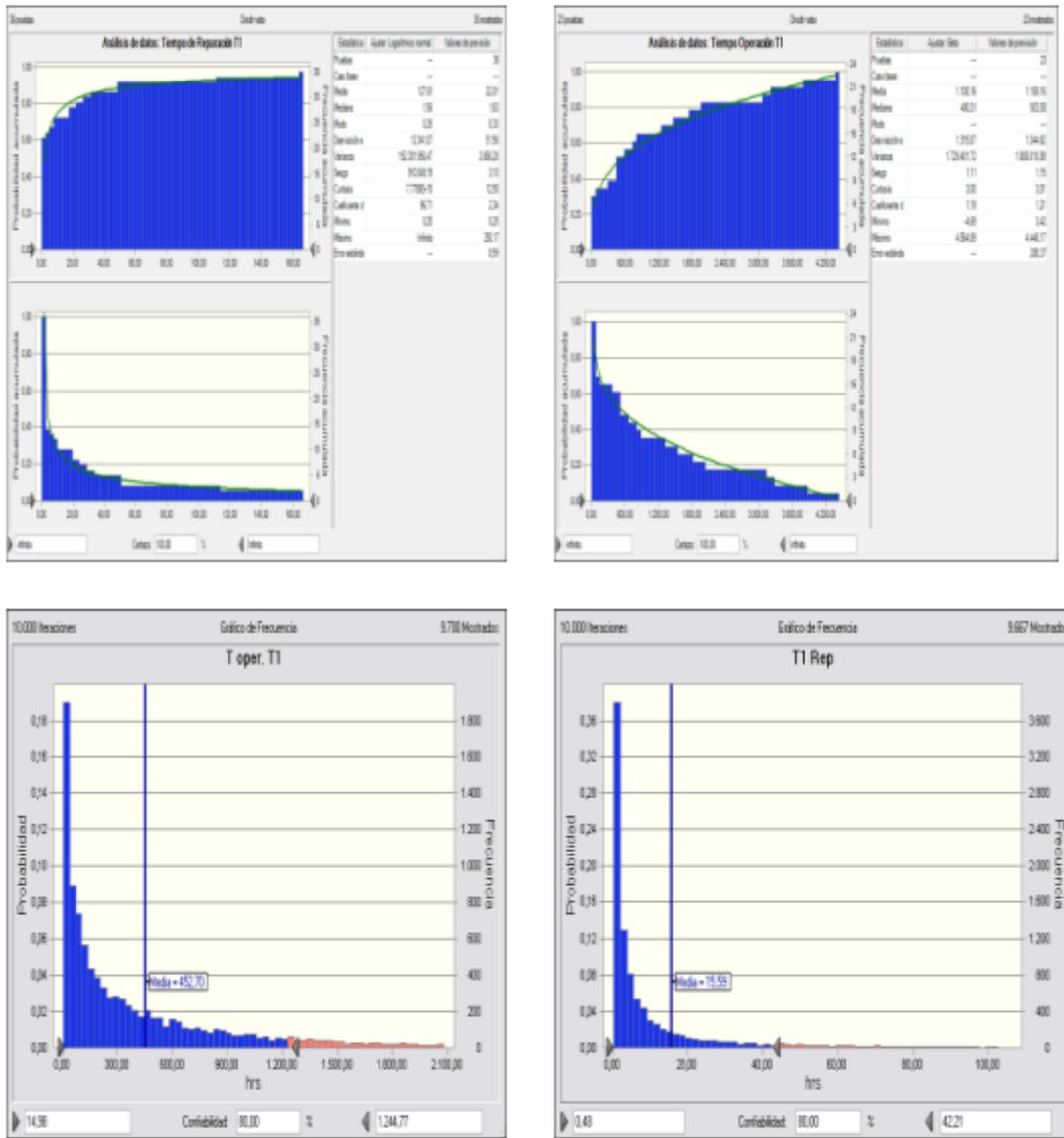


Figura 13. Caracterización de TPP y TPFs en Crystal Ball® de la turbina. Fuente: Elaborada por el autor (2013)

Los resultados del CDM para cada caso se muestran a continuación.

Output Tables

Summary | Logistics | Sparing | Block Analysis | Node Analysis

Results from 500 runs of sim time 8760.000000:

Parameter	Minimum	Mean	Maximum	Standard Dev	SEM
Availability	0.717856038	0.859127830	0.999621454	0.051343024	0.002296130
MTBDE	101.426111	316.488315	8756.683941	594.227366	26.574656
MDT	3.316059	36.411508	55.374530	4.077842	0.182367
Reliability	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
Conditional Reliability	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
System Failures	1	33.580000	63	11.595884	0.518584

Resultado para 8640hrs

Print

Help OK

Results from 500 runs of sim time 17520.000000:

Parameter	Minimum	Mean	Maximum	Standard Dev	SEM
Availability	0.727371848	0.868103033	1.000000000	0.057491373	0.002571092
MTBDE	97.255491	>465.418640	>8760.000000	N/A	N/A
MDT(497-runs)	3.627929	35.782462	120.228529	6.660005	0.298742
Reliability	0.000000000	0.006000000	1.000000000	0.077304281	0.003457153
Conditional Reliability	0.000000000	0.006328406	1.000000000	0.083044148	0.003990847
Failures After Reset	0	31.608000	66	13.039263	0.583134

Resultado para 17520hrs

Stats started at time 8760.000000

Note: Some parameter calculations are based on less than the specified number of trials.

Note: Parameters marked with a greater than sign are likely to be poor estimators.

Print

Help OK

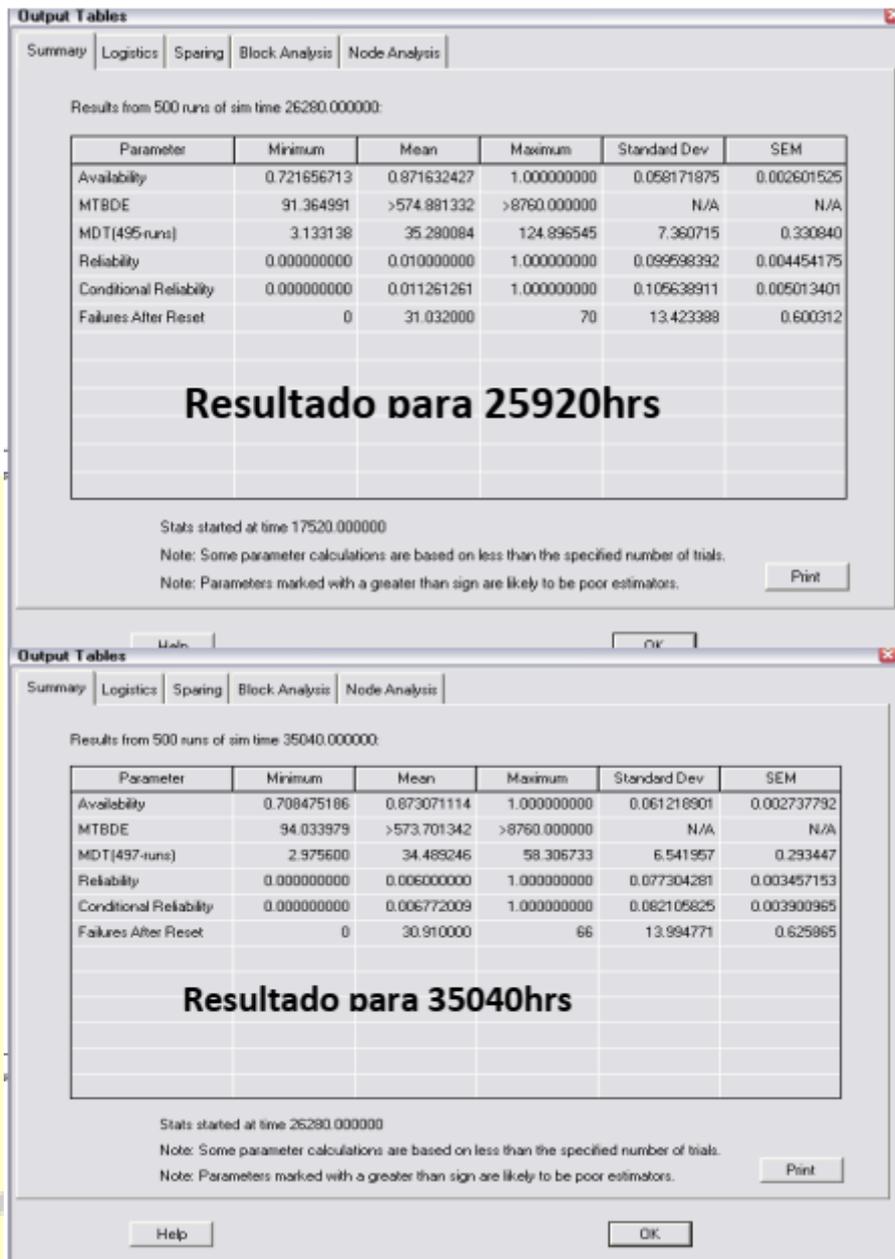


Figura 14. Resultados simulación de la planta en Software Raptor 7.0 Fuente Elaborada por el autor (2013)

Los valores de disponibilidad del sistema estarán en un rango de 71% y 99% considerando un valor medio de 85%, dicho valor se encuentra por debajo de los requerimientos actuales (95%) de operación de acuerdo con la estándar clase mundial para este tipo de equipos.

Otro factor importante es el tiempo promedio para reparar fue de 36 horas, mostrando que para un año de estimación (8760 horas) existen unas 1201 horas que no cumple con el objetivo de producción por fallas, lo que trae como consecuencia un impacto negativo a nivel de compresión de gas.

Es de apreciar que el número de fallas promedio para el sistema es elevado (33 paros) causando un aumento en los costos de mantenimiento correctivo. En cuanto a los tiempos promedios operativos (MTBDE) se encuentran en 316,4 horas; lo que indica que aproximadamente cada 13 días ocurre una falla en el turbocompresor, sin incluir las fallas externas.

Para los escenarios estudiados de: 17520 horas, 25920 horas y 35040 horas se muestran en la siguiente tabla. Dichos datos fueron extraídos del RAPTOR 7.0.

	Año 2	Año 3	Año 4
Indicadores	17520	25920	35040
	hrs	hrs	hrs
<i>Disponibilidad</i>	86,80%	87,10%	87,30%
<i>MTBDE</i>	465,41	574,88	573,70
<i>MDT</i>	35,78	35,20	34,48
<i>Confiabilidad</i>	0,0060	0,0100	0,0060
<i>Número de Fallas</i>	31	31	30

Tabla 3. Resultados del RAM Fuente: Elaborada por el autor (2013)

Analizando los resultados de los años 2, 3 y 4, se aprecia un aumento progresivo en los tiempos promedios para fallar y una tendencia similar en la cantidad de paros, lo que evidencia que la planta no maneja la producción estimada de 80 MMPCND gas.

Tal y como lo muestra la figura 10 el nivel de presión de 550 PSIG que trabaja la PC es de 136 MMPCND, por lo que se requiere la operatividad a carga total de la Planta Compresora y dos (2) equipos de la otra PC para cumplir con el requerimiento exigido para mantener la presión del yacimiento (inyección de gas).

III. CONCLUSIONES

El estudio de diagnóstico integral determinó que el sistema de compresión de gas está trabajando en un 80% de su capacidad, con un creciente número de fallas 25 en el año.

Los sistemas con mayor recurrencia de paros fueron por: Lubricación, compresión, turbina de potencia, alimentación de aire y fallas externas.

La disponibilidad promedio fue de 77%, representando la compresión de 68 millones de pies cúbico normales de día (MMPCND) de gas del plan establecido de 80 MMPCND.

Los costos de oportunidad oscilan por el orden de los 627 mil dólares.

Los parámetros de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad futura para los próximos dos (2) años están en un rango de 82 – 87%. Si aplican las acciones en los sistemas de mayor impacto.

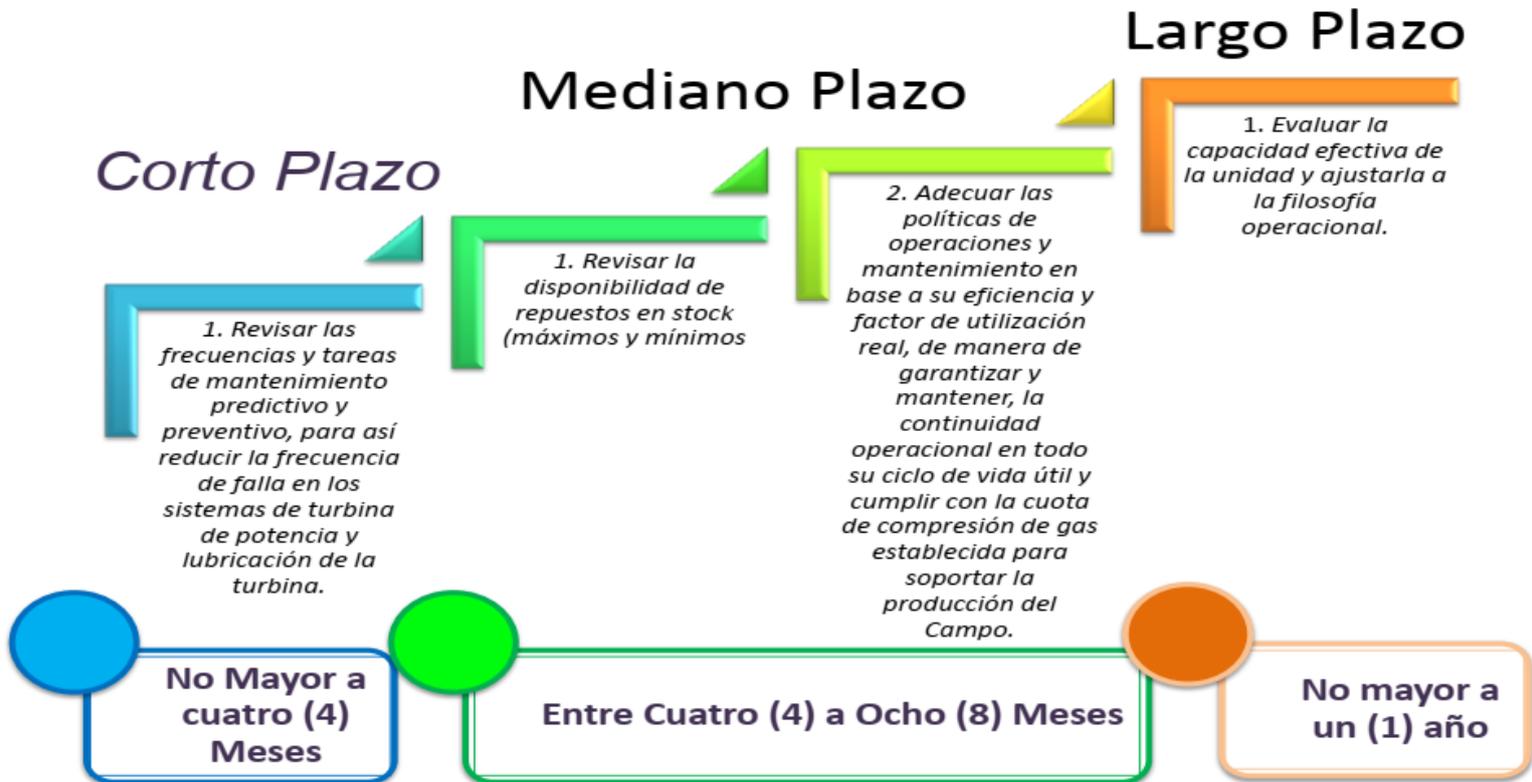
IV. RECOMENDACIONES



Figura 15. Recomendaciones del estudio CDM Fuente: Elaborada por el autor (2013)

LubricarOnline

Las acciones para considerar en este estudio para mejorar la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de la Planta están orientadas en los siguientes aspectos.



BIBLIOGRAFÍA

[1] <http://www.wikipedia.com>

[2] Álvarez, A., y Parra, C. (2002). Métodos Estadísticos de estimación de la Confiabilidad y la Mantenibilidad pp. 16-23, Curso de Postgrado Universidad Simón Bolívar, Venezuela.

[3] Dairo H. y Yesid Ortiz Sánchez. (2004). La confiabilidad, la disponibilidad y la Mantenibilidad, pp. 32 disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento.

[4] Edgar Jesús Vergara Rea (2008) Análisis de confiabilidad, disponibilidad y Mantenibilidad del sistema de crudo diluido de Petrozuata.

[5] Rafael M. y Jacobo G. (2007). Estimación de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad pp. 60 mediante una simulación tipo Montecarlo de un sistema de compresión de gas amargo durante la etapa de ingeniería.

[6] Brache A. y Mario E. (2009). Evaluación del ciclo de vida de la unidad 780 de la planta Súper Octanos C.A. mediante la simulación de Montecarlo de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad utilizando la herramienta Crystal Ball®.

[7] Gómez H., y Yánez M. (2006) Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en sistemas productivos.

[8] Reliasoft año (2004): Introducción a los Conceptos de la confiabilidad, de <http://www.reliasoft.com.br>

- [9] Edelsys H. (2004) Metodología de la investigación: “Cómo escribir una tesis”
- [10] PDVSA (20012). Manual de mantenimiento y confiabilidad (M.01-01-02).
- [11] Biloría R (2003) Evaluación del ciclo de vida de una planta compresora de gas mediante la simulación de Montecarlo de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad utilizando la herramienta Crystal Ball®.
- [12] Yáñez M, (2003). Gerencia de la incertidumbre
- [13] USB (2012). Diplomado de proyecto para exploración y producción
- [14] Oracle Crystal ball (2013) Manual del usuario.

EL AUTOR: JEAN FARFÁN

Ingeniero en Mantenimiento Mecánico con 14 años de experiencia.

Área Profesional: Confiabilidad Operacional, Mantenimiento, Sistema Integrado de Gestión y Transporte Terrestre, en la Industria Petrolera Nacional (PDVSA División Furrrial).

Experiencia con PDVSA INTEVEP para la elaboración, revisión y actualización de normas PDVSA tales como: Modelo de gerencia de mantenimiento. Definiciones de mantenimiento y confiabilidad. Niveles de mantenimiento.

Estructura de activos (Jerarquización de sistemas y taxonomía de equipos en PDVSA). Guía para definir la estructura de activos en PDVSA.

Indicadores de gestión del proceso de mantenimiento.

Estudios: Especialización en Finanzas, Diplomado en Gerencia de Mantenimiento Industrial. Diplomado en Análisis Probabilístico de Riesgos en Proyectos de Exploración y Producción. Especialización en Ingeniería de Mantenimiento.

Correo electrónico: ljmfl7788@gmail.com,

Contacto Móvil: +584249431320

LAS MEJORES PRÁCTICAS DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE LA LUBRICACIÓN INDUSTRIAL:

LO MEJOR DE LA WEB



COMBATING VARNISH IN TURBINES: A TWO-STEP SOLUTION

Lo Mejor de la Web: @ www.powermag.com

As operational conditions continue to evolve and change with power generation, so does the degree of complexity within those systems, becoming a common pain point for plant managers that requires rigorous attention to detail. A preventative approach produces drastic savings.

The most critical piece in a power plant? The turbines. A key factor impacting efficient operations? Varnish buildup due to oil degradation, which can reduce operational efficiency or even grind machinery to a halt, often costing operations tens of thousands of dollars at minimum—with some operations facing maintenance, replacement, and downtime costs ranging in the millions. How can plant operators ensure varnish buildup isn't just something they have to monitor, but a problem that can now be solved completely?

The Problem with Varnish Buildup

Varnish is a term encompassing various types of deposits in oil systems. The range of deposits, which have troubled plant managers for years, run from hard deposits to soft and sticky. To this point, there have been limited solutions.

Typically, varnish forms in stagnant areas and is triggered by thermal events, such as excessive heat, which begins the process of oil degradation leading to the formation of impurities. While impurities within oil are not uncommon, they accumulate, forming suspended submicron particles. Over time, these particles become electrically attracted to metal surfaces, resulting in varnish.

It is important to note varnish does not appear in the oil, but rather on seals and metal surfaces in contact with the oil (Figure 1). In addition to thermal-induced impurities, cross-contamination of oils with incompatible additives is another process resulting in varnish build up. How are plant managers currently trying to solve their varnish buildup issues?

Past Solutions for Varnish Buildup Not Enough

A common strategy to combat varnish buildup is filtering and high-velocity flushing, which removes weld slag and particulates from the system but typically does not remove deposited varnish. With traditionally available options, filtering and flushing has only been moderately effective, leading to maintenance downtime, increasing costs, lost capacity, and potential penalties from failing to deliver output.

For example, a baseload plant turbine operating at 24 hours a day could see an average of \$288,000 in lost sell price to the grid. A merchant plant turbine operating eight hours a day could see upwards of \$500,000 in lost sell price to the grid, in addition to an estimated \$40,000 cost per turbine per year in varnish-combating maintenance costs. (Results may vary depending on equipment type, operating conditions, and utility costs.) Altogether, varnish build up can amount to hundreds of thousands or even millions of dollars of cost and lost revenue for plants. Some recent solutions have been making headway in solving this ongoing problem.



1. Steam and gas turbines are among the most critical pieces of equipment at power plants. Reducing varnish building up their oil systems will help them operate more reliably. Courtesy: Chevron

In discussions with plant managers, we consistently heard several of the same issues arise. In cases where lower lubricant flashpoints were encountered with low volatility components, plant managers had to reduce operating temperatures. Still, there was a higher fire and explosion risk during cleaning or from residual cleaner in the system. Filter plugging was another pain point resulting from the release of a large amount of varnish, potentially exacerbated by incompatibilities with in-service fluids. To mitigate this, costly external filtration and frequent filter changes are necessary, which lead to operational constraints, including unexpected downtime. Even during careful maintenance, residual cleaning chemicals can cause foaming and emulsion issues or may react with oil additives, leading to spillage and air/water being pulled into the system, which can degrade oil quality and performance.

In recent years, the industry has seen an increased adoption of polyalkylene glycol (PAG-based) turbine oils, some claiming to be varnish free. However, a series of 10 industry-standard ASTM tests highlighted some interesting findings.

Conducted by Dr. David Wooton, an independent lubrication and technical consultant, the tests compared a PAG-based formulation and three different mineral oils of both off-the-shelf and in-service samples. Dr. Wooton performed a number of experiments using D2272, the most widely accepted bench test for oxidation, a primary cause of oil degradation and varnish build up.

His results showed similar fail-to-critical varnish levels between PAG-based and mineral oils. Using the ASTM D7843 MPC test, the industry standard for varnish production, results showed a lower propensity to develop varnish than expected, but the buildup was still considered critical. Ultimately, PAG fluid wasn't "varnish proof," but instead performed similarly in terms of oxidation and varnish formation. Therefore, a change would be recommended when the fluid reaches 25% of new oil, regardless of base formulation.

As we've noted, more permanent varnish buildup solutions are hard to come by, but Chevron recently created an innovative new product for plant managers.

Varnish Buildup No More: Introducing The VARTECH Solution

Chevron's product development team is constantly focused around "The Chevron Way," a perspective we uphold by ensuring that the evolving needs of our customers and end-users are central to our business approach. Chevron's VARTECH Industrial System Cleaner (ISC) and GST Advantage EP and RO is a holistic two-step approach.

The first step is to clean the system. Adding VARTECH ISC near the end of the in-service oil's life cleans existing varnish while the equipment remains online. It can stay in the system for up to four weeks, providing scheduling flexibility for plant operators to align drain schedules to the most effective times. This cleaning process prepares the system for fresh oil. The second step of the process is to control the development and accumulation of varnish with Chevron GST Advantage EP and RO, which have been formulated to specifically limit the precursors that can precipitate out of the oil and cause varnish. By removing varnish and then inhibiting the precursors of new varnish buildup, a system oil can perform optimally and can therefore support more efficient operations from a cost and output standpoint.

To apply The Chevron Way principles to developing VARTECH ISC, we designed and built a patented varnish test apparatus with the University of California, Merced, to assess cleaner performance in varnish removal. Given there are no universally accepted standards for testing a chemical varnish cleaner's effectiveness in varnish removal, we validated the performance in numerous lab and field tests in turbine applications.

These tests ranged from offshore platforms to cogeneration power plants. Knowing that fully halting operations to clean can be very costly, we were careful to confirm the compatibility of VARTECH ISC and its effect on oil performance for not only Chevron, but also its competitor lubricants. Now, all plants can benefit from what VARTECH ISC has to offer, even if their standard fills are not Chevron products.

Through rigorous testing Chevron's VARTECH ISC has been proven to outperform competitors in cutting and capturing varnish and can reduce the need for flushing during system cleanings. As the latest evolution in Chevron's well-established line of GST turbine oils, GST Advantage oils are formulated with Chevron's proprietary VARTECH Technology helping to improve oxidation stability and reduce oil degradation while inhibiting the precursors of varnish formation.

Sycamore and Tahiti Case Studies

For example, the Sycamore cogeneration power plant in Kern County, California, powers thousands of homes and businesses in the southern California desert on multiple Siemens Frame 7 gas turbines, where temperatures can reach 115F. Typically, plants of this type want to run a turbine oil lasting between three to five years before planned maintenance, but Sycamore was not even coming close. The plant used an oil that was breaking down at high operating temperatures. Oil service life was barely 16,000 hours, but after switching to Chevron's VARTECH solution, service intervals increased to about 48,000 hours (Figure 2).



2. Gas and steam turbine unexpected outages are expensive. Investing in a solution with the ability to remove varnish at scheduled outages and provide an oil to inhibit varnish formation during its life can prevent unexpected outages, saving money in the long run. Courtesy: Chevron

Another example comes from Chevron's massive spar floating platform in the Tahiti oilfields in the Gulf of Mexico. This single platform operates 24/7, netting daily production averaging 51,000 barrels of crude oil and 22 million cubic feet of natural gas. Running at their constant pace, oil headers in the generator sets were running low and triggering temperature alarms. Maintenance crews tried changing filtration practices and making mechanical modifications to no avail.

The platform contracted a fluid servicing company to add system cleaner to the in-service oil at a cost of \$40,000, but problems in the systems persisted. Looking for a different solution, the maintenance crews added VARTECH ISC to the in-service oil. Within 30 minutes, the oil header temperature dropped 8F, and another 7F after 90 minutes, eventually stabilizing the systems and stopping the temperature alarms. Ultimately, this field test saved more than \$81,000 in potential maintenance costs, mostly from avoiding oil cooler replacement/refurbishing, which was necessary four times per year at a cost of \$20,000 per instance.

Chevron has achieved a breakthrough with its VARTECH solution, but our work and testing continues. Keeping customers and end-users front and center, Chevron is exploring new opportunities with VARTECH ISC. One area of interest? Hydraulic systems in plastic injection molding.

As stated earlier, not all varnish is the same, and this is certainly also true with inorganic anti-wear additive packages in hydraulic fluid, which is why Chevron is looking at further development of new technologies for hydraulic and circulating fluid systems, where varnish continues to be an area of operational challenge. Currently, we endorse the VARTECH ISC as suitable for turbine, and rust and oxidation (R&O) inhibited oils found in turbine and compressor applications, and believe we can provide significant value to an operation dealing with underperforming assets.

Reliable Performance

Turbines are the most critical piece of power plant operations. Without them, everything grinds to a halt. Plant managers need to run their operations as efficiently as possible to maximize operational output. Sacrificing reliable energy production and revenue due to varnish is simply unacceptable.

With new technology and formulations, there is no reason to allow varnish to negatively impact operations to the degree that the industry has historically been accustomed. Using Chevron's VARTECH ISC, plant managers can clean varnish already present in machinery, and then maintain and control that cleanliness and operational efficiency with GST Advantage formulated oils with VARTECH Technology that are specifically designed to stop varnish buildup before it can start. In doing so, plant managers can empower a more productive and cost-effective operation, saving potentially millions of dollars over the lifespan of machinery.

REFERENCIAS LO MEJOR DE LA WEB: www.powermag.com

ZACH SUTTON is the industrial and services sector specialist at chevron lubricants.

NOTICIAS LUB-MANT-TECH:

CBM CONNECT - SEMANA DE WEBINARS “WOW” EN ESPAÑOL

CBM CONNECT® lo invita a unirse a una semana de webinars educativos en vivo gratuitos en diciembre 2021.

Están cordialmente Invitados

Regístrese aquí:

https://esp.cbmconnect.com/semana-de-webinars-wow-latinoamerica/?utm_campaign=%C2%A1Reserve las fechas para WOW en Espa%C3%B1ol%21&utm_medium=Email&utm_source=SocialToaster

RESERVE SU FECHA

EN ESPAÑOL

WOW

SEMANA DE WEBINARS

DEL 7 AL 10 DE DICIEMBRE 2021

QUE
INCLUYE

- Una semana de webinars GRATUITOS
- +10 Webinars educativos
- Presentaciones interactivas de 45 minutos
- CBM y mejora de la confiabilidad



WWW.MOBIUSCONNECT.COM

NOTICIAS LUB-MANT-TECH:

RESPIRADORES

La primera línea de defensa contra la contaminación

Conforme los equipos industriales se calientan y se enfrían, se dilatan y se contraen. Y, con el fin de impedir que la maquinaria acumule demasiada presión, los fabricantes de equipos originales incluyen tapas de ventilación en el orificio de llenado para permitir que el aire expandido escape.



Solo hay un problema. Aun cuando dejan salir el aire, esas tapas simples no impiden que pequeñas partículas de suciedad y humedad entren en el tanque, lo que puede averiar los rodamientos, los engranajes y las válvulas al desgastar las superficies fundamentales. Lo que es peor, con el tiempo la humedad se condensará dentro del depósito de aceite e introducirá agua a sus lubricantes, por lo que su equipo de mantenimiento estará muy ocupado.

Los respiradores de Des-Case, que cuentan con una amplia variedad de tamaños y características para abarcar cualquier uso e industria, eliminan simultáneamente la humedad de la cámara de aire del equipo con gel de sílice e impiden que incluso las partículas más pequeñas ingresen en sus tanques de aceite con la filtración multicapa.



Lo mejor es que apreciará un retorno de la inversión casi inmediatamente. Con menos averías e interrupciones en la producción, producirá más eficazmente y creará menos desechos. Al mismo tiempo, prolongará la vida útil de sus lubricantes y equipos.



Estamos tan seguros de que le encantarán los resultados que verá cuando use nuestros respiradores que le enviaremos uno gratuito para que pruebe: [descase.com/sample](https://www.descase.com/sample).

TOMADO DE: <https://www.descase.com/resources/what-is-a-breather/>

GALERÍA DE FOTOS

ENTRENAMIENTOS Y SEMINARIOS VIRTUALES INTERNACIONALES: TRIBOLOGÍA Y LUBRICACIÓN, GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, GESTIÓN ACTIVOS, GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE PROCESOS.

Felicitaciones a todos los participantes Gestión de la Lubricación, Gestión de Seguridad de Procesos, Gestión de Paradas de Planta de Mantenimiento de Colombia, Ecuador, Perú, Chile, México.

¡¡¡Muchas gracias a todos los participantes!!!

ORGANIZA:
 **CIMEM** | **CAPÍTULO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA - CIPCDLL**

CONGRESO NACIONAL

GESTIÓN DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO

SÁBADO, 25 DE SETIEMBRE 2021

Full 10:00 a 13:00
Day 15:00 a 20:00

vía: 

INGRESO LIBRE

CERTIFICADO GRATUITO CILL OTROS: S/.80

AUSPICIA:  **AEMA**
ASOCIACIÓN PERUANA DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

 +51 932 249 815 www.cimemcipcdll.org.pe 



3ER CONGRESO LATINOAMERICANO
**TECNOLOGÍA DE
MAQUINARIA PESADA**
APLICADO EN MINERÍA Y CONSTRUCCIÓN

EXPOSICIÓN 02

  **25** Sáb. SEPT.

Inspección de Grúas Móviles bajo Norma ASME B30.5 y ASME B30.22

11:00 a.m. (Hora de Perú)

Expositor: Ing. Nain Aguado Quintero

 COLOMBIA



 +51 932 508 429
Diane Benites

**INGRESO
LIBRE
CERTIFICADO
OPCIONAL**

www.gicaingenieros.com/tmpmc3



CONGRESO NACIONAL

GESTIÓN DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO

SÁBADO, 25 DE SETIEMBRE 2021

EXPOSICIÓN 03

VÍA: 

Lubricación basada en la Confiabilidad

12:00 p.m (Hora de Perú)

Expositor: Ing. Nain Aguado



COLOMBIA

AUSPICIA:



ORGANIZA:



CAPÍTULO DE INGENIERÍA
MECÁNICA, ELÉCTRICA Y
MECATRÓNICA - CIPCDLL



+51 932 249 815

www.cimemcipcdll.org.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE
BASADRE GROHMANN



ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA

V CONIMEC

CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

MODALIDAD VIRTUAL



CONTENIDO

Minicursos
Ponencias Magistrales
Noche de Talentos



FECHA

Del **15** al **19** de
Noviembre



SIGUENOS

[facebook.com/conimec2021](https://www.facebook.com/conimec2021)



TRANSMISIÓN



MANTENIMIENTO



DISEÑO



INNOVACIÓN



INVESTIGACIÓN

INSCRIPCIONES



<https://forms.gle/3cerSkDnbvz3Md357>

CONTACTOS



+51 982 609 780 - Erick Herrera

CONGRESOS Y EVENTOS PARA LA INGENIERIA MANTENIMIENTO, GESTIÓN DE ACTIVOS Y LUBRICACIÓN 2022

20
22

PREPÁRATE
+ SE APROXIMA
NUESTRO ENCUENTRO
MÁS ESPERADO
SEPTIEMBRE/2022

XII CONGRESO
Tecnicaña

EVOLUCIÓN DE LA AGROINDUSTRIA
DIGITAL DIVERSIFICADA SOSTENIBLE

Inscríbete para más información

¡Contáctanos!

<https://bit.ly/ComercialTecnicaña>

CONVOCATORIA PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS INÉDITOS EN LA REVISTA DIGITAL LATINOAMERICANA LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ® 2022

Reciban un cordial saludo de parte del equipo de trabajo, de la primera revista digital iberoamericana especializada en Lubricación, Confiabilidad e Integridad Activos y Seguridad de Procesos Industriales. **Próxima Edición Febrero 15 del 2022.**

REVISTA DIGITAL LATINOAMERICANA LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL®

Es una publicación abierta y por invitación, con una misión clara: Construir el Conocimiento desde una sólida base de creatividad, innovación, investigación y desarrollo, integrando las Nuevas Tecnologías de la Información al servicio de la comunidad iberoamericana de estudiantes y profesionales involucrados en las áreas de Lubricación, Mantenimiento, Confiabilidad e Integridad, Gestión de Activos, Dirección de Proyectos, Gestión de la Seguridad de Procesos.

¿Eres Gerente o Director de Mantenimiento, Analista de Integridad Mecánica, Ingeniero de Confiabilidad, Director Proyectos, Asset Manager?; nos encantará tenerle entre nuestros autores.

<https://revistalubricaronline.org/envie-su-articulo-aqui/>, <https://www.lubricaronline.com/>.

Instrucciones a los autores y condiciones de publicación de los trabajos originales e inéditos

- Formato: archivo de Word
- Fuente: Arial 10
- Interlineado: sencillo
- Máximo de cuartillas (hojas): 10
- Las ilustraciones y gráficos deben ser en formato JPG y resolución mínima de 500 x 500px. Si son de otro autor, colocar los créditos
- Colocar las direcciones de correo electrónico, empresa, cargo y país de origen del autor
- Las citas bibliográficas en cursiva y citar al autor de las mismas al final del texto
- Colocar la bibliografía y/o cibergrafía consultada
- Síntesis curricular del autor, no mayor de cuatro líneas.
- Nuestra Junta Editorial se reserva el derecho de publicación, luego de una revisión exhaustiva de los trabajos enviados. RDL Lubricación y Mantenimiento Industrial ® no se hace responsable de las opiniones emitidas por los articulistas.

Los usuarios pueden presentar sus trabajos, con las ventajas que les ofrece la Revista:

- ✚ Los autores conservan los derechos de autor y la posibilidad de publicar en otros medios, siempre y cuando se reconozca a RDL Lubricación y Mantenimiento Industrial ® como el primer medio en el cual fue publicado.
- ✚ Difusión a más de 5000 suscriptores directos alrededor del mundo, especialmente en Iberoamérica.

CONFIRMEMOS SU PARTICIPACIÓN

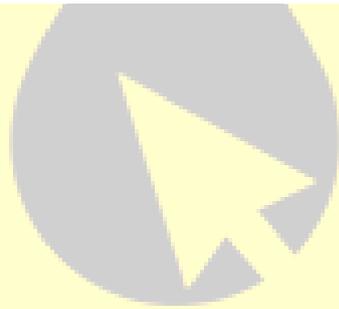
Nain Aguado Q. I.M, Esp., MBA Dirección Proyectos

Director General RDL L&MI

<https://revistalubricaronline.org/>

<https://www.lubricaronline.com/index.php>

<https://lubricaronlinecentrodeexcelencia.sabiorealm.com/>



LubricarOnline

Suscríbete Gratuitamente

www.revistalubricaronline.org/suscripcion



 **LubricarOnLine**