

# PREDICTIVA 21

## El aprendizaje nunca termina

Henry Ellmann

1er. Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad Perú 2019

**Importancia del clima organizacional**  
El ambiente laboral en el rendimiento de los trabajadores

**La prueba de la Gota**  
que permite identificar diferentes condiciones de los lubricantes

Una visión entre la relación entre mano de obra ocupada y la producción

# Índice

---

**3** Editorial

**38** **Importancia del clima organizacional**  
y los elementos que lo configuran  
*Medardo José Mora Díaz*

**5** **Entrevista a Henry Ellman**  
*Irene González*

**43** **Entrevista a Annalisa Ferrari**  
*Irene González*

**7** **Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad Latinoamérica Perú 2019**  
*Irene González*

**45** **Cromatografía gaseosa:**  
conozca este análisis esencial  
*Prof. Tarcisio Baroni*

**12** **Análisis de Causa Raíz**  
aplicado a fallas en sellos mecánicos de bomba  
*Tibaldo Alfredo Díaz Molina*

**50** **Productividad laboral en actividades de mantenimiento**  
*Jhon Alexander Narváez Salazar*

**21** **Uso y aplicación de la prueba de la gota**  
*Roberto Trujillo Corona*

**56** **Modelo de confiabilidad con metodología RAM**  
para un sistema de bombeo de agua de inyección  
*Francisco Javier Buitrago*

**27** **Cadena de Abastecimiento**  
(Supply Chain)  
*Sena Mesa Remigio Doménico*

**70** **La Responsabilidad Social Empresarial (R.S.E.) y el Mantenimiento**  
*Brau Clemenza*



**Enrique González**  
Director

# Año 2020: Un reto para el crecimiento de la industria.

## Editorial

**E**nfocada en el mantenimiento y la confiabilidad, Predictiva 21 traza una línea importante entre los medios de comunicación dedicados a este tema, destacando artículos técnicos sobre temas de actualidad, personalidades y eventos de interés para quienes conforman el mundo de la ingeniería predictiva y de mantenimiento.

En esta edición tendremos especial participación del ingeniero argentino Henry Ellmann, quien engalana nuestra portada, y la empresaria venezolana Annalisa Ferrari. Cada uno en su país y de distintas generaciones, coinciden en que la influencia de la familia es el legado principal para lograr el éxito en la industria, siempre desde un enfoque humano y sencillo.

Los artículos técnicos nos actualizan con respecto a métodos de prevención: Análisis de Causa Raíz aplicado a fallas en sellos mecánicos de bombas, Uso y aplicación de la prueba de la gota, Modelo de confiabilidad con metodología RAM para un sistema de bombeo de agua de inyección, Cromatografía gaseosa, Cadena de abastecimiento. El factor humano es punto sensible en los artículos: Importancia del clima organizacional, La Responsabilidad Social Empresarial, Productividad laboral en actividades de mantenimiento y Cómo florecen las ideas.

Siempre atentos a lo que ocurre en nuestro entorno social, reseñamos la primera edición del Congreso Latinoamericano de Mantenimiento y Confiabilidad en Perú, trascendiendo fronteras para llevar a todo el continente conocimiento y temas actualizados en torno a la industria.

Con esta edición N° 28 cerramos el año y desde este momento, en mi nombre y de todo el equipo de Predictiva 21 esperamos que el próximo año sea una etapa de más éxitos en la industria. Desde ya les deseamos una placentera Navidad y auguramos un productivo año 2020. ¡Felices Fiestas!

### DIRECTORIO

**Enrique Javier González Henríquez**  
Director ejecutivo y Editor  
enrique.gonzalez@predictiva21.com

**Andrés Enrique González Giraldo**  
Director de Finanzas  
andres.gonzalez@predictiva21.com

**Alejandro José Godoy Rodríguez**  
Director de Marketing  
alejandro.godoy@predictiva21.com

**Carlos José Villegas Álvarez**  
Director de Operaciones  
carlos.villegas@predictiva21.com

**Irene González**  
Directora Editorial  
irene.gonzalez@predictiva21.com

**María Goretti Fuentes Núñez**  
Diseño Editorial  
goretti.fuentes@predictiva21.com



**Cientos de activos en toda la planta.  
Cientos de empleados responsables  
de la producción.**

**Cuando un activo crítico comienza a fallar,  
su equipo necesita información clave para  
tomar la mejor decisión.**

# USTED PUEDE HACERLO

**Colabore en las decisiones claves en cualquier momento y en cualquier lugar.**

Mantener los programas de producción a menudo significa lidiar con lo inesperado – de forma rápida y precisa. Plantweb Optics de Emerson es un software de colaboración que conecta el equipo de producción a través de dispositivos móviles con información que es accionable y específica para cada miembro del equipo.

Para desbloquear comunicación en su planta visite **[Emerson.com/CollaborationSoftware](https://www.emerson.com/CollaborationSoftware)**.



The Emerson logo is a trademark and a service mark of Emerson Electric Co. © 2019 Emerson Electric Co.

**CONSIDER IT SOLVED™**



# Henry Ellmann

Fundador, Presidente y CEO de Ellmann Sueiro, "maestro de maestros" como lo reconocen en la industria, respetado por la claridad de sus ideas, también es un innovador incansable que hoy por hoy sigue guiando a las nuevas generaciones.

Irene González  
irene.gonzalez@predictiva21.com

---

**N**o solo su edad inspira respeto dentro de la industria. En el reciente Congreso de Confiabilidad y Mantenimiento México 2019 celebrado en Monterrey, Nuevo León, hizo alarde de sus 60 años en la industria, siendo uno de los ingenieros con más vida dentro del mundo de la confiabilidad y el mantenimiento. Maestro de varias generaciones que siguen escuchando cada una de sus enseñanzas, ganándose un lugar privilegiado gracias a los aportes e ideas innovadoras que continúa haciendo a la industria en general. En esta corta entrevista, nos deja ver todo lo humano que está detrás del experto.

**P21: ¿Cuál es su más grande motivación para el ejercicio de su carrera luego de varias décadas en el medio?**

HE: Es notable y hasta yo me asombro: más aprendo, más me interesa aprender más. Cuanto más se sabe, también se reconoce más "cuánto no se sabe".

**P21: ¿Qué es lo más valioso que ha aprendido durante todo el ejercicio de su carrera?**

HE: ¡Que todo lo que se hace bien, da mucha satisfacción a todos los involucrados y a uno mismo!

**P21: ¿Qué aspectos de su vida laboral le han sido de utilidad en su vida personal?**

HE: La vida personal y profesional son una sola, íntimamente vinculadas. Lo que "sirve" para la vida profesional, también "sirve" para la vida personal y viceversa.

**P21: ¿Cuáles considera son los más grandes aportes a la industria que ha proporcionado en toda su trayectoria?**

HE: Haber logrado soluciones, no solo puntuales sino también genéricas, que se multiplican, y compartir conocimientos con centenares de personas de todos los niveles, impartiendo capacitación explícita y por trabajo en equipo, en una amplia dispersión geográfica y cultural.

**P21: ¿Cuál ha sido el reto más significativo que se le ha presentado durante todo su trayecto profesional?**

**HE: Lidiar con ignorancia o incompetencia...**

**P21: ¿Quiénes son las personas que más han influido en su vida personal y carrera profesional?**

HE: Muchos para enumerar. Claramente las personas que más me han exigido... es de las que más se aprende. Si debo elegir uno, decididamente mi papá, también ingeniero, que desde yo muy niño, me contaba cuentitos como todo papá dedicado a sus niños. Pero también me enseñó, desde pequeño, realidades objetivas y doy un ejemplo: mi primer contacto con ingeniería, productividad y economía lo obtuve ya en edad preescolar, cuando mi papá ingeniero me explicó cómo y por qué, con una sola vía entre los puntos A y B, podían circular trenes en ambas direcciones, con dos condiciones: ¡unos pocos desvíos a distancias exactamente calculadas y riguroso cumplimiento de velocidades y horario! Mi primera lección hace 80 años... INOLVIDABLE y el origen de mi amor por la organización, el orden, la austeridad, las normas y su cumplimiento.

**P21: ¿Cómo ha evolucionado la confiabilidad en los últimos tres años?**

HE: Yo aprendí "CONFIABILIDAD" de John Moubay hace treinta años... cada vez hay más conciencia y comprensión sobre el tema. Sin embargo, a mí me preocupa que no es un concepto universalmente difundido. Siempre digo que se debiera enseñar los conceptos de confiabilidad desde el Jardín de Infantes.

**P21: ¿Cuáles serían los pasos o factores determinantes para la implementación exitosa de un RCM en una organización?"**

HE: La "Implementación exitosa de RCM" depende fundamentalmente de las personas que en "todos los niveles jerárquicos" participan del proceso de implementación.

# Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad Latinoamérica

Perú 2019



Irene González

irene.gonzalez@predictiva21.com

El conocimiento y la experiencia en el área de mantenimiento y confiabilidad se trasladan a Perú y el Swissotel en la ciudad de Lima se engalana para dar la bienvenida a profesionales de toda Latinoamérica, en oportunidad de realizar la primera edición del reconocido congreso que reúne a los expertos en confiabilidad de la industria latinoamericana. El máximo foro en el que se reúnen líderes del sector para transmitir conocimientos acerca de las nuevas tecnologías y métodos de la industria mediante conferencias, charlas, talleres de entrenamiento y certificaciones internacionales a los profesionales del área.

Del 25 al 28 de noviembre los participantes a esta primera edición en la capital peruana podrán asistir a 10 cursos especializados, 30 sesiones de charlas en la innovadora modalidad Spark, Brújula y Toolbox. Según su elección, optarán por certificaciones que serán otorgadas por organizaciones internacionales especialistas en lubricación, mantenimiento y confiabilidad, ofrecerán exámenes de certificación\* con validez internacional para los profesionales de la confiabilidad, el mantenimiento y la lubricación, permitiendo el reconocimiento de sus habilidades y conocimientos del personal técnico de su organización.

El Congreso ofrece una manera de impartir las sesiones, conocimiento aplicado y con enfoque dirigido a que genere un impacto potente y medible, así como compartir el conocimiento de los expertos. Esto incluye sesiones de talleres para conocer y desarrollar mayor número de habilidades, herramientas y métodos en mantenimiento y gestión de activos.

## SELECCIONA DÓNDE QUIERES PARTICIPAR



### TOOLBOX

Talleres de 90 minutos para descubrir nuevas y útiles herramientas, 100% prácticos para conocer y desarrollar mayor número de habilidades, herramientas y métodos. Enfocados a incrementar el desempeño de los profesionales de la confiabilidad.



### BRÚJULA

Sesiones de profundidad media para identificar la ruta correcta hacia el éxito. 45 minutos para analizar casos de éxito y compartir la experiencia de expertos. Los usuarios podrán identificar la dirección a tomar para mejorar su empresa, programa o proceso.



### SPARK

Presentaciones de 30 minutos diseñadas para desarrollar proyectos cortos, directos e implementables en menos de 3 semanas. Son sesiones cuya finalidad es generar un impacto potente y medible en tu empresa.



## CERTIFICACIONES

### Concilio Internacional de Lubricación de Maquinaria

- Analista de lubricantes de maquinaria: niveles 1, 2 y 3
- Técnico en lubricación de maquinaria: niveles 1 y 2
- Analista de laboratorio de lubricantes: nivel 1

### Sociedad de profesionales del mantenimiento y la confiabilidad

- CMRP – Profesional certificado en confiabilidad y mantenimiento
- CMRT – Técnico certificado en confiabilidad y mantenimiento



## CURSOS ESPECIALIZADOS

- \* Buenas prácticas de mantenimiento y confiabilidad.
- \* Introducción a RCM2 Mantenimiento centrado en confiabilidad.
- \* Pilares y mejores prácticas de la gestión de activos orientado para examen de certificación "Iam Certificate".
- \* Uptime-estrategias para la excelencia en gestión de mantenimiento.
- \* Gestión del Programa de Lubricación.
- \* Estrategias para implementar mantenimiento de precisión.
- \* Planificación de paradas de planta y overhaul.
- \* Gestión de estrategias de activos.
- \* Finanzas para ingenieros de planta y gestión de activos.



## Ponentes expertos

Los ingenieros Carlos Mario Pérez, Drew D. Troyer, Filip Buyse, Santiago Sotuyo, Iván Darío Gómez, Jesús M. Laboy, Gerardo Trujillo, Tibaure DePool, Félix Laboy, Luis Manuel Sánchez, Mario Miguel Salinas Toro, Robert William Castillo Alva, Edwin Guzmán, Felipe Henao, Julio César Wagner, Alejandro Pérez, Marco Antonio Moreno Roque, José Wagner Braidotti, James Reyes-Picknell, Cristian Solís Calderón, Saulo Trento, Manuel Belochaga Agurto, Roberto Trujillo Corona, Carlos Parra, Adrián Cháves, Román Megela Gazdova, Pedro Portillo Caldera, Luis Améndola, Jim Fitch, Germán Noguera Camacho y Juan Carlos Duarte Holguín.



## Lima, la sede

Situada a orillas del Océano Pacífico, la capital de la República de Perú, es el área urbana más extensa del país, donde se combinan historia, tradición y arquitectura en perfecta armonía con lo que brinda la modernidad. Un lugar para que los asistentes al Congreso Latinoamericano de Mantenimiento y Confiabilidad tengan una excelente experiencia rica en cultura, patrimonio y gastronomía.

La Expo tendrá lugar en la misma sede de las conferencias, el Swissotel Lima, los días 27 y 28 de noviembre, en el que se darán cita profesionales en las áreas de producción, operaciones, mantenimiento y confiabilidad, involucrados en:

- Calidad • Consultoría • Gestión de activos • Mejora continua
- Toma de decisiones • Implementación de proyectos de mejora

## Patrocinadores



Colaboración de asociados como **Machinery Lubrication** y esta prestigiosa revista **PREDICTIVA21**

**25 - 28 NOVIEMBRE 2019**  
**SWISSOTEL | LIMA, PERÚ**

*El foro que reúne a profesionales de la industria en Latinoamérica*

Cursos especializados con las mejores prácticas de mantenimiento, gestión de activos y confiabilidad industrial.

Nuestra metodología se enfoca en lograr un impacto potente y medible. Compartiremos conocimiento experto mediante talleres que te permitirán desarrollar el mayor número de habilidades, herramientas y métodos en mantenimiento y gestión de activos.



**SESIONES 100% PRÁCTICAS Y DINÁMICAS**  
(DURACIÓN 30 ')

De aplicación inmediata, para impulsar y gestionar proyectos de corto plazo.



**SESIONES DE PROFUNDIDAD MEDIA**  
(DURACIÓN 45 ')

Enfocada en analizar casos de éxito y mejores prácticas de la industria. Podrás indentificar y definir las acciones para mejorar tu empresa, programa o procesos.



**TALLERES 100% PRÁCTICOS**  
(DURACIÓN 90 ')

Enfocada en analizar casos de éxito y mejores prácticas de la industria. Podrás indentificar y definir las acciones para mejorar tu empresa, programa o procesos.



**IAM (Institute of Asset Management)**  
**IAM CERTIFICATE®**

El certificado reconoce internacionalmente el conocimiento y entendimiento de un individuo sobre Gestión de Activos



**ICML (International Council for Machinery Lubrication)**

Certificaciones MLT, MLA y MLE



**CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD**  
**PERÚ**

*Te impulsa profesionalmente e impacta de forma positiva a tu empresa por medio de conferencias, mejores prácticas, talleres de simulación y casos de éxito.*

**10 CURSOS  
ESPECIALIZADOS**

Formación profesional de la mano de los expertos



**+35 CONFERENCIAS  
PARA ESCOGER**

**SPARK - BRÚJULA - TOOLBOX**  
Para descubrir nuevas y útiles herramientas que generarán valor y aumentarán la confiabilidad de tus equipos.

**2 CERTIFICACIONES  
INTERNACIONALES**

Validación internacional de competencias y conocimientos



**+30 EMPRESAS  
EXPOSITORAS  
PROVEEDORES ESPECIALIZADOS**

**SOLICITA MÁS INFORMACIÓN:**

✉ [contacto@cmc-latam.com](mailto:contacto@cmc-latam.com)

☎ +52 477 711 23 23



# Análisis de Causa Raíz aplicado a fallas en sellos mecánicos de bombas

**Precisión.** Método para identificar fallas en las bombas, con la finalidad de aplicar las acciones adecuadas y mejorar las causas que las generan.

Ing./MSc. Tbaldo Alfredo Díaz Molina  
 Venezuela  
 Especialista en Ingeniería de Mantenimiento, Confiabilidad  
 Operacional y Gestión de Activos  
 tibalodiaz@gmail.com

## Resumen

El propósito de este artículo es exponer, en forma sencilla, un proceso de análisis de falla disciplinado (ACR) a través del entendimiento de hasta dónde debemos extender o definir los límites de control del análisis, con la finalidad de abarcar los elementos necesarios para lograr las acciones correctivas que eliminen el problema que originó la falla o lo lleve a niveles tolerables en función de sus consecuencias.

*Palabras claves: Falla, Modo y Mecanismo de Falla, Evento, Hecho, Hipótesis, Causa Raíz.*

## 1. Bombas. Fallas frecuentes

La bomba es una máquina “generadora” que absorbe energía mecánica proveniente de un motor eléctrico, térmico u otros, transmitiéndola a un fluido y transformándola en energía hidráulica, que a su vez, permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel o a diferentes niveles y a diferentes velocidades, presiones y caudales.

Las fallas en las bombas son frecuentemente ocasionadas por los ingenieros y operadores de la planta que no reconocen las limitaciones inherentes de capacidad en las bombas. Cuando se opera una bomba con flujo alejado de su Punto de Máxima Eficiencia (B.E.P., siglas en inglés), se producen anomalías hidráulicas en la carcasa y el impulsor. Estas anomalías, que ocurren en todas las bombas, pueden ocasionar inestabilidad hidráulica, impulsos de vibración, y flexiones del eje, trayendo como resultado desgaste acelerados, fallas prematuras y frecuentes de impulsores, cojinetes y sellos; los cuales, actúan bajo estas condiciones como fusibles mecánicos, siendo el resultado final de una

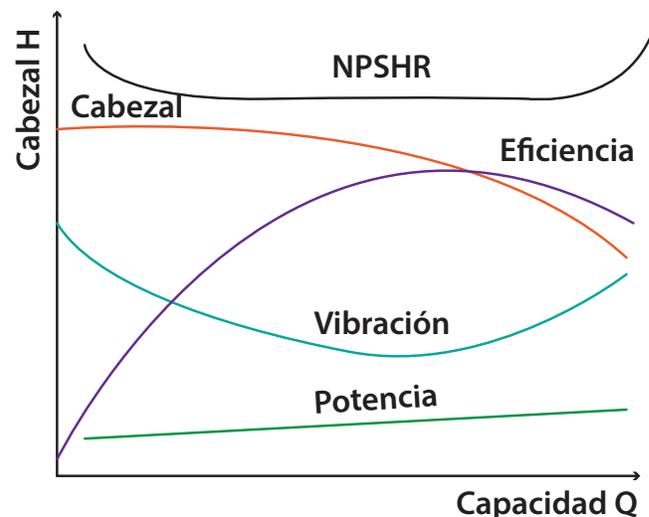


Figura 1. Curvas características de una bomba. Fuente: El autor

cadena de acontecimientos. Por lo que, idealmente, el punto de diseño y de operación deben mantenerse cercanos al Punto de Mejor Eficiencia (B.E.P.). Ver fig. 1.

Dentro de las fallas frecuentes en bombas se pueden distinguir tres tipos de problemas: hidráulicos inherentes al sistema, hidráulicos inherentes a la bomba y problemas mecánicos.

Los problemas hidráulicos inherentes al sistema son el resultado de fallas en el diseño, procedimientos deficientes de instalación y colocación incorrecta de la tubería.

Los problemas hidráulicos inherentes a la bomba surgen cuando esta no puede funcionar de acuerdo con las especificaciones de capacidad, carga y eficiencia.

En cuanto a los problemas mecánicos, estos se refieren a desperfectos mecánicos, que se manifiestan mediante síntomas como ruido, vibraciones, sobrecalentamiento y pueden llevar a originar problemas de mal funcionamiento hidráulico.

Algunos de los eventos típicos que evidencian las fallas en las bombas rotativas son:

- No entrega líquido.
- Entrega menos líquido del esperado.
- Pierde ceba después del arranque.
- No levanta presión.
- Consume demasiada potencia.
- Presenta excesivo ruido.
- Presenta excesiva vibración.
- Presenta alta temperatura en la zona de cojinetes y sellos.
- Presenta excesiva fuga por empaques o sellos mecánicos.

Estos eventos, que reflejan un mal funcionamiento en la bomba, llaman nuestra atención debido a la pérdida parcial o total de las funciones de la misma, bajo las especificaciones establecidas en su contexto operacional, tal como la pérdida de su función principal (entrega de un caudal a una presión requerida), que reflejará un impacto importante sobre el proceso; así como también, son importantes las pérdidas de otras funciones como las de contención (fugas al ambiente), que cobran vital relevancia

en sistemas que manejan fluidos altamente tóxicos o volátiles y requieren especificaciones de seguridad exigentes.

## 2. Sellos mecánicos - fallas prematuras

Los sellos son componentes de las bombas que evitan que un fluido escape al exterior de la misma a través de las holguras o claros entre el eje y la carcasa, controlando las emisiones dentro de los rangos de diseño establecidos. Es un elemento que requiere mucha atención en la industria química, petroquímica y refinerías, entre otras.

En la actualidad existe diversidad de sellos mecánicos que dependen de una aplicación en particular. Sin embargo, su configuración básica está dispuesta de una parte rotativa y una estacionaria, las cuales están formadas por:

a. El Cabezal del Sello: es el ensamble de varios componentes, tal como, el anillo primario (que está en contacto con el asiento, formando ambos el sellado primario), sellantes secundarios (o-rings, cuñas, fuelles, etc.), sistema de compensación de desgaste (resortes) y sistema de arrastre (retenedores, componentes metálicos misceláneos). Este cabezal es el lado flexible del sello, que se acomoda a ligeros movimientos axiales y radiales del equipo.

b. El Asiento del Sello: es el anillo de desgaste removible en la brida si es estacionario o, en la camisa, si es rotativo.

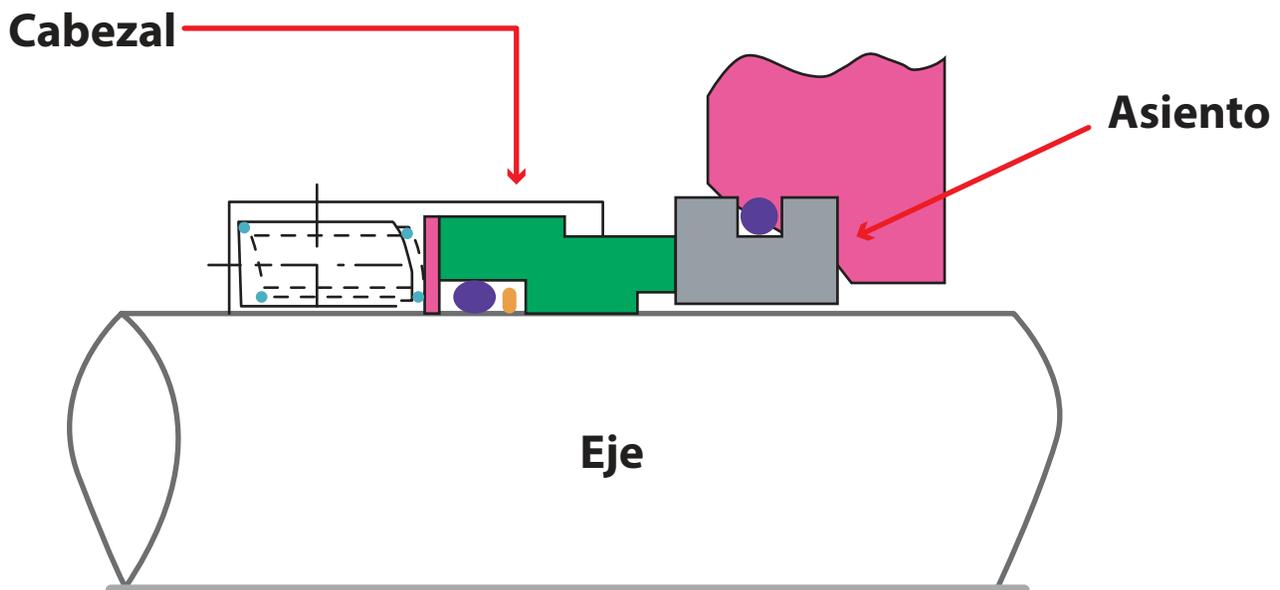


Figura 2. Sello Mecánico Básico. Fuente: El autor



Estos contienen los elementos que forman:

c. El sellado primario, formado por el anillo primario y el asiento, conocido comúnmente como las caras de contacto del sello. Estas caras están fabricadas con materiales como carburo de silicio, carburo de tungsteno, carbón grafitado y cerámica (óxido de aluminio).

d. El sellado secundario, formado por los elementos los empaques (o-rings, empaques grafitados, etc.) que evitan la fuga de las partes del sello con el eje y la brida.

Teóricamente, el sello debe funcionar controlando las emisiones a la atmósfera hasta que uno de sus componentes pierda su función (falla el sellado), en el primario se desgastan y/o fracturan las caras y en el secundario se deforman, se degradan los elementos de empaques.

No obstante, en la práctica observamos que en 80% de los casos, los sellos fallan antes de cumplir con su ciclo de vida.

En la mayoría de los casos los usuarios o custodios centran su atención en la falla del componente -en este caso del sello mecánico- y concluyen que requieren un sello más robusto que se adapte a su condición de operación (Severa), desviada de su contexto operacional actual, lo que trae como consecuencia mayores costos en la adquisición de partes y repuestos, afectando notablemente el presupuesto de mantenimiento y logrando, solo en el mejor de los casos, prolongar la ocurrencia de la falla. Por tal motivo, debe realizarse un análisis integral del proceso para identificar aquellos factores que contribuyen a la ocurrencia de la falla.

### 3. Ejemplo de ACR en falla de sellos mecánicos en bombas centrífugas

El proceso de Análisis Causa Raíz persigue, no solo identificar las causas de las fallas, es también un proceso cíclico de mejora continua que busca corregir las causas de las fallas y mejorar el proceso, como se muestra en la figura No. 3:

Las mayores causas de estas fallas prematuras son:

- Diseño y selección inadecuado del sello.
- Instalación incorrecta del sello.
- Mala operación, mantenimiento o funcionamiento inadecuado de los sistemas auxiliares del sello, tales como, lubricación, fluido amortiguador / barrera, venteos, etc.
- Problemas inherentes al sistema de bombeo, como inestabilidades hidráulicas (asociadas a diseño / selección / operación de la bomba), anomalías mecánicas (relacionadas con instalación / mantenimiento de la bomba).
- Cambios en las condiciones de servicio (Contexto Operacional), respecto a las especificadas del diseño original.



**Figura 3.** Proceso ACR de árbol lógico de falla. Fuente: El autor

Desarrollemos entonces un ejemplo ACR para un caso de “Falla de una bomba centrífuga multietapas por fugas en los sellos mecánicos”, empleando un proceso disciplinado de análisis con el uso de un Árbol lógico de Fallas. El primer paso es preparar el análisis:

- Definir el problema o evento a evitar estableciendo el Evento Tope, en este caso “Paro automático de la bomba P-102”. Es recomendable indicar si el paro fue automático (activación de una protección), manual (paro realizado por el operador) o súbito (no representado en las dos anteriores). Esto facilitará la identificación de los hechos y poder emitir hipótesis basados en los posibles mecanismos de fallo de estas.
- Estimar el impacto del evento en el negocio e identificar las oportunidades. Estableciendo los costos totales (pérdida de producción, costos de refacciones e insumos, mano de obra, servicios, etc.) de la ocurrencia o ocurrencias de este evento y su impacto en el presupuesto anual de mantenimiento y en el negocio; dando visibilidad del impacto de los eventos repetitivos o esporádicos en términos económicos.
- Recabar información del equipo y su función en el proceso. Reunir información de manuales del equipo, del sistema o planta, registros históricos de parámetros operacionales, reportes técnicos, mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo, avisos de averías, datos de fallas, etc. Usar herramientas, tales como: Contexto Operacional, diagramas de Entrada Proceso Salida (EPS), diagramas Funcionales, etc., para procesar la información.

**El Análisis Causa Raíz deriva en cinco pasos: definir el problema, estimar el impacto del evento, recabar información del activo, establecer el equipo de trabajo y levantar la información que permita deducir las causas.**

El segundo paso consiste en recabar la información de evento:

- Establecer el Equipo Natural de Trabajo (ENT). Es importante formar un equipo conformado por personas asociadas a la gestión del activo, de diferentes departamentos y disciplinas, para asegurar distintas visiones del evento, lo cual contribuirá a obtener una mayor perspectiva del evento, aportando una solución integral. Un ENT básico, estará formado por un Facilitador (asesor metodológico), Operador (Conocedor del funcionamiento de los equipos y su impacto en el negocio), Mantenedor (conocedor de las políticas y técnicas de mantenimiento de los equipos), Programador (visión sistémica de la actividad), Especialistas (expertos en áreas específicas como Cadena de Suministro, Calidad, SHA, Recursos Humanos, Finanzas, Mercadeo y Ventas, Proveedor de la Tecnología, entre otros).
- Levantar la información, las evidencias y la secuencia de evento utilizando herramientas como las Líneas de Tiempo, para discriminar tiempo y etapas del evento, que permitan comprender en forma deductiva el desarrollo histórico del mismo.



www.andersentaxleg.al.es



“ El uso de análisis como el ACR contribuyen al éxito de la gestión de mantenimiento de activos”.

El tercer paso, comprende el desarrollar del árbol lógico deductivo:

- Representar la lógica del evento no deseado, donde se muestran todos los factores causales en sus tres niveles de fallas, tales como la falla física (avería de componentes), el error humano (interacción humana inadecuada) y las causas raíces (causas latentes por carencias, desviaciones u omisiones organizacionales).

En este paso, tomamos el enunciado del Evento Tope, redactado en el paso No.1, (este puede ser revisado y mejorado por el ENT), seguidamente respondiendo a la pregunta: ¿Cómo puede fallar?, describimos los Hechos (que corresponden a los modos de fallo, que evidencian la ocurrencia del evento), como por ejemplo, “atascamiento súbito, eje partido, fugas, alta vibración, alta temperatura, baja presión, etc.”. Con lo anterior enmarcamos el evento en lo que llamamos la caja superior del análisis.

Cuando tenemos múltiples Hechos, el ENT deberá soportar estos con evidencias a través de la investigación y manejo de datos reales, tales como registros de paros, reparaciones, informes de producción, etc. y entrevistas al personal involucrado con la gestión del equipo. En función de optimizar tiempo y recursos, se jerarquizan los hechos a través del uso de diversas técnicas, por ejemplo, usando estadística de fallas, registros de producción, costos, etc., y se asignan porcentajes de importancia a cada hecho, en base a un criterio acordado por el ENT, que represente las mayores consecuencias o impacto al negocio, lo cual permitirá iniciar y avanzar, con el hecho que aporte mayor influencia.

Una vez jerarquizados los hechos, iniciamos con el de mayor impacto, nuevamente empleando la pregunta ¿Cómo puede fallar? y comenzamos con el proceso de generar Hipótesis, que representen los mecanismos de fallo, como

por ejemplo, “Desgaste (Erosivo, Adhesivo, Oxidación o Corrosión) o Fatiga”. Estas hipótesis deberán ser validadas a través de métodos de verificación, que confirmen o refuten su ocurrencia. Estas herramientas pueden ser entrevistas al personal, reportes de inspección directa, manejo de datos (reportes de reparaciones, calibraciones, control de calidad, etc.), uso de tecnologías de diagnósticos disponibles; tales como pruebas, ensayos y/o exámenes de laboratorio (Exámenes Metalográficos, Mecánicos y/o Químicos a componentes fallados), informes de inspecciones técnicas (Análisis de Vibración, Análisis de Aceite, Termografía, Ultrasonido, etc.). En casos complejos pueden emplearse metodologías como la de los 5 Porqué, Ishikahua, etc., para simplificarlo a niveles manejables. De esta forma se irá bajando de nivel hasta llegar a los límites de control del ENT (ver figura No. 4).

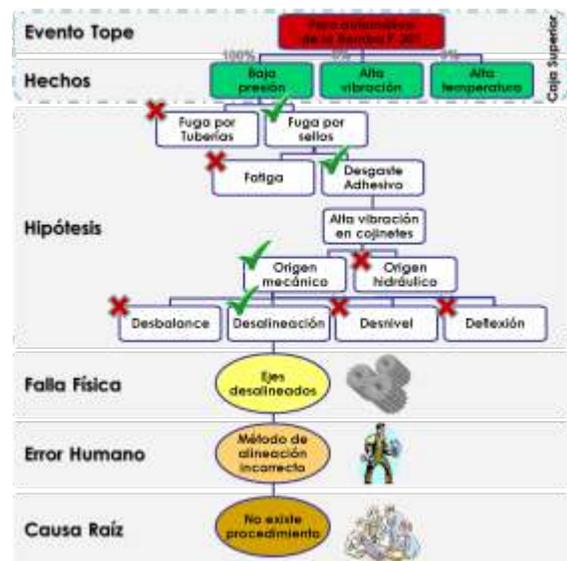


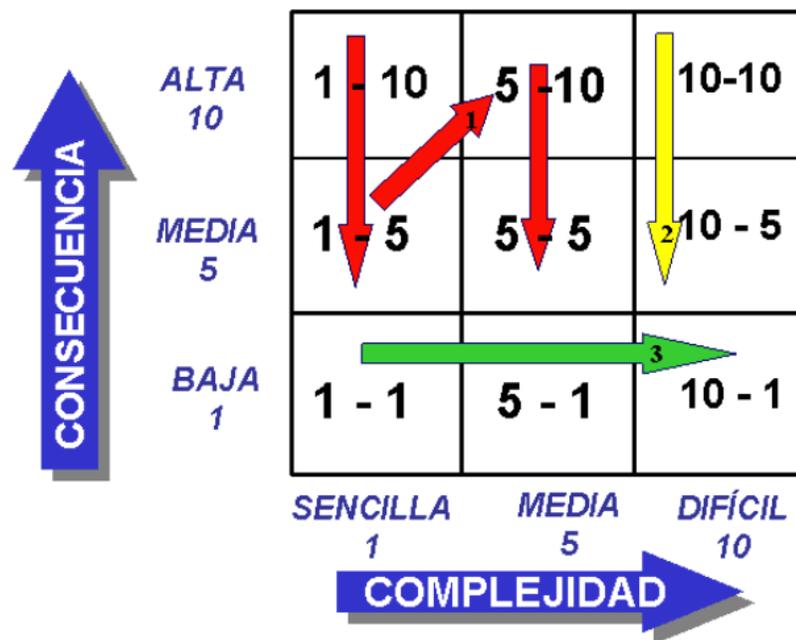
Figura 4. Árbol Lógico. Fuente: El autor

En este punto, una vez verificadas y validadas las Hipótesis (convertidas a Hechos), se llega a un nivel donde la pregunta se transforma en: ¿Por qué falló? En este momento comenzamos a identificar la aparición de la falla física, el error humano y las causas raíces que desencadenaron los eventos que eventualmente condujeron a la falla, pudiendo introducirse durante el proceso de diseño, manufactura o uso (instalación, operación o mantenimiento), tal como se muestra en el ejemplo de la figura No. 4.

Finalmente, se establece el plan de acción, que persigue eliminar las causas raíces identificadas a través de la ejecución de las acciones. También debe establecerse un sistema de medición (KPI's), para evaluar el logro de las

acciones y, en caso de no alcanzar los objetivos esperados, se reevalúa el proceso y se realizan los ajustes y las mejoras necesarias.

Debido a que pueden existir restricciones de niveles de aprobación, presupuesto, tecnología disponible, etc., que pudieran convertirse en barreras para la implementación del plan, pueden emplearse técnicas de Jerarquización de Eventos, aplicando una Matriz de Prioridades, basada en Complejidad y Consecuencias (ver figura No. 5), de tal forma de comenzar a implementar el plan, con aquellas acciones de mayores consecuencias, pero menor complejidad en su solución, para de esta forma obtener victorias tempranas que contribuirán a incentivar aprobaciones e inversiones el resto del plan.



**Figura 5.** Matriz Complejidad-Consecuencia. Fuente: Curso técnicas de Análisis de fallas centradas en confiabilidad, con énfasis en causa raíz. 2005. De Engineering reliability and Management - ER&M

## Conclusiones

- a. Las Bombas son equipos susceptibles a cambios severos de sus condiciones de operación, tal como las inestabilidades hidráulicas que súbita o progresivamente afectarán la integridad de sus componentes mecánicos. Igualmente las desviaciones en la correcta selección, instalación y mantenimiento ocasionan problemas de origen mecánicos, donde algunos de ellos eventualmente también podrían desarrollar problemas hidráulicos.
- b. En la actualidad, los sellos mecánicos son excelentes elementos de contención para evitar los escapes “no controlados” a la atmósfera en los procesos de manejo de fluidos; sin embargo, requieren de condiciones mínimas de instalación, mantenimiento y operación que garanticen la vida esperada del mismo, donde la intervención humana juega un papel pimportante.
- c. El uso de procesos de análisis disciplinados como el ACR y el empleo de las tecnologías disponibles para soportar este proceso de pensamiento empleando la validación de hipótesis, contribuyen al logro de resultados exitosos en el control de fallas y la gestión del mantenimiento.

Datos del autor

Ing./MSc. Tivaldo Alfredo Díaz Molina  
 Venezuela  
 Especialista en Ingeniería de Mantenimiento,  
 Confiabilidad Operacional y Gestión de Activos  
 tibalododiaz@gmail.com

Técnico Superior Universitario e Ingeniero Mecánico con Maestría en Gerencia de Empresas y 30 años de experiencia en Ingeniería de Mantenimiento, Confiabilidad Operacional y Gestión de Activos, en la industria del petrolera y minera. Consultor y facilitador acreditado como Agente Capacitador Externo, por la STPS de México y Certificado por COMPECER en gestión de mantenimiento, análisis de riesgo y análisis causa raíz.

## Glosario de términos

A continuación se lista un glosario de términos relevantes empleados en este documento:

- **Análisis Causa Raíz (ACR):** Metodología empleada para analizar e identificar las causas que provocan los eventos no deseados, contribuyendo a determinar medidas preventivas que minimicen sus consecuencias, disminuyan la probabilidad de ocurrencia o en el mejor de los casos, que el evento estudiado no se produzca de nuevo.
- **Causa de Falla:** La circunstancia durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla. Fuente: STD ISO14224.
- **Causa Raíz:** También conocida como causa latente, es el nivel más bajo del Análisis, donde se identifican aquellos factores que contribuyeron directamente con el problema, típicamente están representada en las carencias o deficiencias de la organización, que de no ser corregidas, el evento no deseado continuará ocurriendo.
- **Consecuencia de la Falla:** Es lo que experimenta el dueño de un activo como resultado de la ocurrencia de un modo de falla, manifestado en el impacto a la Seguridad, la Salud, el Ambiente, la pérdida de Producción, y/o los altos costos de Mantenimiento.
- **Contexto Operacional:** Es la descripción de las circunstancias específicas en las cuales opera un activo físico o sistema, está escrito en una forma narrativa que incluye la descripción exacta del activo y provee la información necesaria y con suficiente detalle sobre los factores (el entorno, la tecnología, estándares, la operación, etc.) que contribuyen e influyen en el proceso general.
- **Equipo Natural de Trabajo (ENT):** Conformado por un conjunto de personas de diferentes departamentos, con variadas disciplinas y funciones, buscando sinergia para lograr un objetivo en común y producir un mejor e integral resultado para la organización.
- **Error Humano:** También conocida como causa intermedia, es la interacción inadecuada de las personas durante su participación directa o indirecta en una actividad o proceso, que contribuye con la aparición de la falla; a veces se puede atribuir a malas prácticas de las personas involucradas.

- **Evento Tope:** Es el último elemento en la secuencia de la línea – tiempo. Representa al evento no deseado, que justifica económicamente el análisis y las acciones para eliminarlo.
- **Falla:** Es la terminación de la habilidad de un sistema/equipo/parte para realizar una función requerida. Fuente: STD ISO14224.
- **Falla Física:** También conocida como causa directa, son típicamente representadas por elementos, componentes o partes; que al reemplazarlos, se elimina de forma temporal el problema.
- **Falla Funcional:** Es la incapacidad de un elemento (o el equipo que lo contiene) para cumplir con un estándar de rendimiento especificado. Fuente: Nowlan y Heap (1960).
- **Falla Potencial:** Es una condición física identificable que indica que una falla funcional es inminente. Fuente: Nowlan y Heap (1960).
- **Hechos:** Son los modos en que se presenta la falla, es lo visible que aparece luego de la falla funcional.
- **Hipótesis:** Es una suposición hecha a partir de unos datos, que sirve de base para iniciar una investigación o una argumentación. Una hipótesis es un enunciado no verificado, que una vez confirmado o refutado dejará de ser hipótesis y se convertirá en hecho o no.
- **Indicador Clave de Rendimiento (KPI):** Los KPI (Key Performance Indicator, por sus siglas en inglés) es una medida del nivel del rendimiento de un proceso. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado previamente y normalmente se expresa en valores porcentuales.
- **Jerarquizar:** Establecer un orden de prioridad, descendente o ascendente en función de criterios basados en categorías, cualidades, características, valor, etc.
- **Mecanismo de Falla:** El proceso físico, químico u otro, que conlleva a una falla. Fuente: STD ISO14224.
- **Modo de Falla:** Un evento único, que causa una falla funcional. Fuente SAE: STD JA1011. Es el modo observado de la falla. Fuente: STD ISO14224.

## 6. Referencias

(1) KENNERH J. MCNAUGHTON. *Bombas. Selección, Uso y Mantenimiento.* México. McGRAW-HILL. N° 373 p. 1999.

(2) ENGINEERING RELIABILITY AND MANAGEMENT. *Fundamentos de Selección, Operación y Mantenimiento de Bombas.* Curso. 2005.

(3) ANSI/API Standard 610. *Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries.* 10th Edition. 2004.

(4) INSTITUTO DE ENERGÍA Y TERMODINÁMICA. *Curso de Bombas.* Compañía de Sudamericana de Seguros S.A. N° Pág. 8. 2002.

(5) J.D. SUMMERS-SMITH. *Mechanical Seal Practice for Improved Performance,* Londres; editorial MEP, N° 216 p. 1992.

(6) J.D. SUMMERS-SMITH. *An Introductory Guide To Industrial Tribology.* Londres; editorial MEP, N° 201 p. 1994.

(7) ISO 14224. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.* Segunda edición 2006-12-15.

(8) SAE JA1011. *Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.* Emitida AGO1999.

(9) SAE JA1011. *Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).* Emitida ENE2002.

(1) ROBERT J. LATINO, SR. VP, RELIABILITY CENTER, INC. *Calidad del Proceso y el Análisis de Causa Raíz Parte 1, 2 y 3.* Reliability Center, Inc. N° pag. 7. 2001.

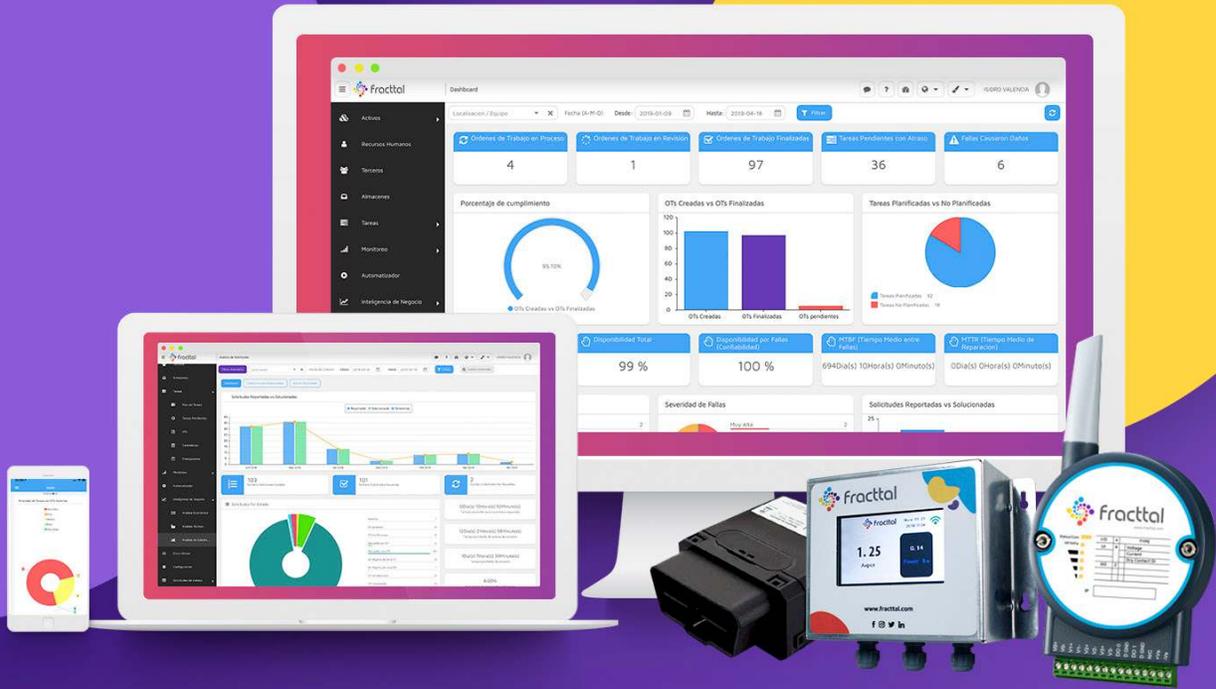
(2) WOODHOUSE PARTNERSHIP LTD. *Análisis Causa - Raíz.* Curso. CIED. Tamare.1998.

(3) ENGINEERING RELIABILITY AND MANAGEMENT - ER & M. *Técnicas de Análisis de Falla Centradas en Confiabilidad, con Énfasis en Causa Raíz.* Curso. 2005.



# fractal

## Gestión de Mantenimiento 4.0 para un Mundo Conectado



Pide tu demo gratis en [www.fractal.com/predictiva21](http://www.fractal.com/predictiva21)

Nuestros clientes nos reconocen:



# Uso y aplicación de la prueba de gota

**Apreciación visual.** La aplicación de una prueba cualitativa que permite identificar diferentes condiciones de los lubricantes, evitar la degradación de los mismos y, en consecuencia, el daño severo a la maquinaria.



Roberto Trujillo Corona  
Noria Latín América

---

En el pasado Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad México 2019 celebrado en Monterrey, Nuevo León, dicté el taller "10 DE MODOS DE FALLA EN LUBRICACIÓN QUE PUEDEN SER DETECTADOS POR PRUEBAS DE CAMPO". Para quienes participaron, ¡Tenemos este pequeño artículo para reforzar los conocimientos adquiridos!

La prueba de la gota de lubricante sobre papel filtro es una técnica que data del siglo XIX. En el área científica se le conoce como cromatografía plana en papel filtro y es usada para identificar la condición y degradación de lubricantes para motores de combustión interna a diésel, gasolina y gas. Es una prueba cualitativa que consiste en la separación por su peso molecular de los compuestos que se encuentran suspendidos y diluidos en el lubricante, a través de la capilaridad y uniformidad del papel Whatman #4. Por medio de esta prueba se separan los productos de degradación del lubricante (barniz, lacas, lodos) y contaminantes (hollín, anticongelante y combustible).

Al colocar sobre el papel el lubricante, este se desplaza por capilaridad de manera circular. Los compuestos más ligeros (como el combustible) viajarán más rápido, mientras que los más pesados (como el hollín y los productos de degradación) irán más lentos. Esto hace que el círculo que genera la gota tenga características muy específicas que permiten identificar de manera visual la presencia de condiciones anormales.

Esta es una prueba cualitativa, por lo tanto, sirve solo para detectar una condición normal o anormal por apreciación visual. Con el tiempo y suficiente práctica podrá desarrollar sus habilidades de interpretación para identificar diferentes condiciones del lubricante.

¿Por qué es importante efectuar la prueba de la gota? Cada una de las condiciones identificadas por la prueba de la gota indican modos de falla diferentes que merecen ser investigados, ya que pueden causar severos daños a la maquinaria y acelerar la degradación del lubricante. Entre las condiciones que se detectan con esta prueba están las siguientes:



## Hollín

El hollín es 98% carbón y sus partículas tienen forma casi esférica con tamaños que van desde 0.01 hasta 0.05 micrones. Estas partículas, mientras permanezcan pequeñas, no ponen en peligro los diferentes componentes del motor. Sin embargo, con el tiempo y el agotamiento de los aditivos del lubricante, estas tienden a aglomerarse y crecer en tamaño. Al no poder ser manejadas por el lubricante, estas partículas producen incremento en la viscosidad del lubricante y depósitos en el motor. Adicionalmente, al tratarse de carbón y crecer en tamaño, ocasiona desgaste abrasivo, principalmente en zonas donde la lubricación es a película límite. El aditivo dispersante en el lubricante se encarga de mantener el hollín finamente disperso, evitando su crecimiento y aglomeración. Excesivas cantidades de hollín agotan rápidamente la capacidad dispersante del lubricante formando lo que normalmente se conoce como lodos. A medida que se consume el dispersante, las partículas de hollín comienzan a aglomerarse y a depositarse sobre las superficies del motor impidiendo una correcta lubricación y flujo de aceite a través del filtro. Excesivas cantidades de hollín incrementan la viscosidad del lubricante ocasionando un mayor desgaste, al afectar el desempeño del antidesgaste, generando una falla prematura del motor.

El uso de motores con recirculación de gases de escape (EGR) ha incrementado el nivel de hollín en el lubricante, por lo que se han generado nuevos niveles de desempeño a fin de que estos lubricantes puedan manejar mayores concentraciones de hollín sin afectar sus propiedades y la protección de los motores.

## Detección de hollín

La prueba de gota puede evaluar tanto la concentración de hollín en el lubricante como su estado de dispersión. La gota se inspecciona colocándola sobre una tableta de luz blanca, la cual permite que las condiciones de inspección sean consistentes.



www.consumiblespara.cromatografia.com.mx/

### Concentración o carga de hollín

La concentración de hollín en el lubricante depende de la condición del sistema de combustión, la condición del filtro de aire, de las condiciones y estilo de operación y del tiempo que el lubricante ha trabajado en el motor. Cuando un motor opera en condiciones anormales, con filtro de aire saturado, se ha excedido el tiempo de cambio de lubricante o es operado de manera incorrecta, la generación y la concentración de hollín en el lubricante será mayor.

Una gota grande y translúcida o de tono ligeramente oscuro significa que la concentración de hollín es baja. Una alta concentración de hollín en el lubricante se observará en una gota oscura, no translúcida. Mientras más oscura la gota, mayor será la concentración de hollín en el lubricante.



**Figura 1.** Baja y alta concentración de hollín en la prueba de la gota. *Fuente: El autor*

### Dispersión de hollín o dispersancia

El hollín en el lubricante puede estar disperso o aglomerado, lo que depende de la capacidad del lubricante para mantenerlo en suspensión. Cuando el hollín está disperso, significa que el aditivo del lubricante está haciendo su trabajo y mantiene las partículas de hollín finamente separadas. Al agotarse este aditivo, las partículas de hollín se aglomeran y crecen en tamaño y peso. La prueba de gota es la única técnica existente para identificar esta condición del lubricante.

Al efectuar la prueba de la gota y diseminarse el aceite sobre el papel Whatman, las partículas de hollín dispersas en el lubricante viajarán fácilmente con el básico lubricante y formarán un círculo grande y uniforme, un poco translúcido o de tonalidad ligeramente oscura, dependiendo de la concentración de hollín. Cuando las partículas de hollín están aglomeradas, se observará un círculo con un diámetro más pequeño y un color más oscuro. Esto se considera una condición anormal que debe ser notificada e investigada.



**Figura 2.** Buena y mala dispersión de hollín en la prueba de la gota. *Fuente: El autor*

## Combustible

La contaminación o dilución con combustible es un fenómeno que se presenta en los motores de combustión interna en los cuales el combustible no quemado (diésel, gasolina, condensados del gas natural o LP) se acumulan en el cárter del motor. Una mezcla aire/combustible excesivamente rica o una combustión incompleta, ocasionan que cierta cantidad de combustible pase a través del sistema anillos/pistón/cilindros diluyendo el aceite del motor. Esta situación es más común en motores donde el combustible es inyectado a elevadas presiones, pasando a través de los anillos hacia el cárter del motor, incrementando el desgaste a causa de la dilución del lubricante y pérdida de la película.

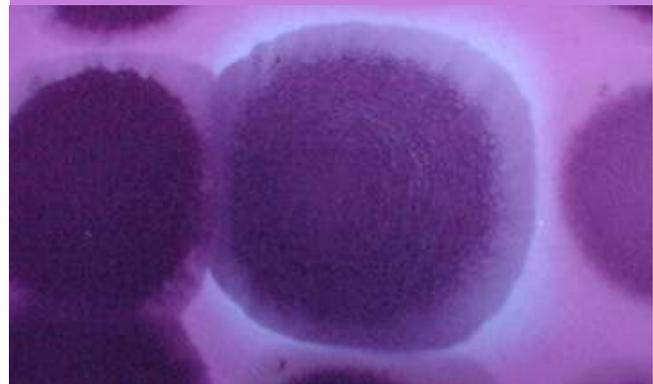
Dado que los componentes menos volátiles del combustible tienen una elevada tendencia a condensarse, el nivel de dilución del lubricante está directamente relacionado con la volatilidad del combustible. Los combustibles con puntos finales de destilación muy elevados contienen una gran cantidad de compuestos poco volátiles que serán difíciles de quemar durante el proceso de combustión. Esto traerá como consecuencia una elevada dilución y una pérdida sustancial en la viscosidad del lubricante, lo que no permitirá la formación de una película de lubricante adecuada que mantenga las superficies separadas, incrementando el desgaste de los componentes del motor.

Un lubricante con una viscosidad baja como consecuencia de una contaminación con combustible no estará en capacidad de mantener separadas las superficies en movimiento, provocando el contacto metal-metal con el consiguiente desgaste de los componentes del motor.

### Detección de combustible en el lubricante

El combustible es más ligero que el lubricante, por lo tanto, en caso de estar presente en el lubricante, viajará más rápido y se situará en la parte externa o borde de la circunferencia de la gota de aceite.

Para identificar la presencia de combustible, el papel con la gota de aceite debe colocarse bajo la lámpara de luz ultravioleta en una habitación con poca luz para evitar interferencia en la inspección. Los aromáticos contenidos en el combustible poseen características de fluorescencia cuando son inspeccionados bajo la luz ultravioleta. Un círculo fluorescente en el exterior de la gota de lubricante nos indicará la presencia de combustible.



**Figura 3.** Presencia de combustible en la prueba de la gota de aceite. *Fuente: El autor*





www.repuestocar.online

## Anticongelante (glicol)

El anticongelante protege al motor del congelamiento y a sus componentes de la corrosión; al mismo tiempo juega un papel importante en el balance energético de los motores, eliminando el calor. En motores diésel de servicio severo, solo un tercio del total de la energía producida es utilizado para mover el vehículo. Un tercio de la energía se va en los gases de escape y el tercio remanente se elimina del motor a través del refrigerante. Este calor eliminado proporciona el balance adecuado en el total del calor generado por el motor para asegurar su correcto funcionamiento. Un sobrecalentamiento puede dar como resultado la degradación acelerada del lubricante y posteriormente del propio motor.

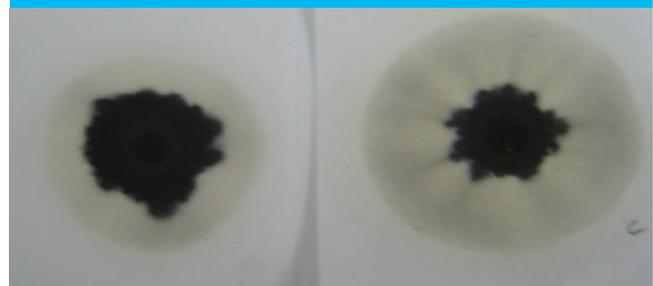
La contaminación del lubricante con el anticongelante expone al motor a una mezcla de sustancias químicas muy poderosas y venenosas. Al igual que otros contaminantes peligrosos, como las partículas y la humedad, el potencial destructivo del anticongelante puede progresar hasta lograr una falla masiva del motor en un corto intervalo de tiempo.

El principal componente del anticongelante es el glicol, en forma de etilén glicol o propilén glicol, mezclado 50/50 con agua para formar un líquido refrigerante para transferir calor, elevar el punto de ebullición del agua (107 °C) y disminuir el punto de congelación (-35 °C).

## Detección de anticongelante

El anticongelante de los motores de combustión interna es una mezcla de agua y algún tipo de glicol. Cuando hay una fuga de anticongelante hacia el lubricante de motor, normalmente el agua se evapora por las temperaturas de operación, pero el glicol reacciona con los aditivos del lubricante, destruyendo su capacidad dispersante. El hollín que se encontraba disperso se aglomera y forma una pasta gelatinosa, la cual, por su peso, se queda en el centro de la gota. El lubricante trata de salir por capilaridad, pero el hollín aglomerado lo obstaculiza. Eso hace que se genere una mancha deforme (no circular) y que en el centro de la gota quede una concentración de apariencia pastosa negra. Se apreciará un halo transparente circular que corresponde al básico lubricante.

En la gota de aceite se observará un depósito pegajoso tipo mayonesa negra en el centro de la gota, con una coloración verdusca, rojiza, dependiendo del color del anticongelante utilizado.



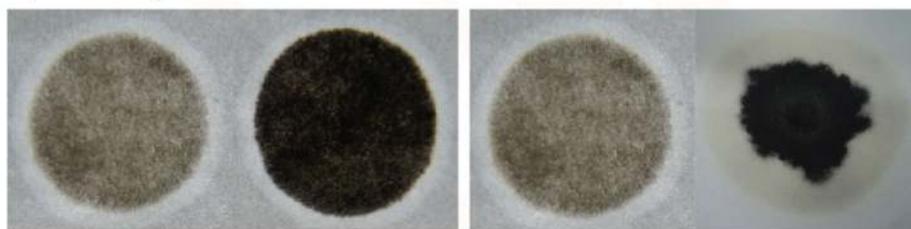
**Figura 4.** Presencia de glicol en la prueba de la gota de aceite.  
Fuente: El autor



# PRUEBA DE GOTA EN PAPEL FILTRO (CROMATOGRAFÍA PLANA)



Con el **tiempo y su experiencia**, podrá ir desarrollando sus **habilidades de interpretación para identificar diferentes estados de anomalía**. Para mejorar sus capacidades de interpretación, siempre **compare los resultados** de la prueba **con otras gotas de lubricantes** con el mismo tipo de motor y con las mismas horas de operación. Considere que, **en términos generales, las gotas deberían ser iguales** si las condiciones de operación y contaminación son las mismas.



Hollín normal disperso

Hollín alto disperso

Condición normal

Condición anormal con refrigerante

## HERRAMIENTAS PARA PRUEBAS CUALITATIVAS DE LUBRICANTE E INTERPRETACIONES DE DIFERENTES ESTADOS DE ANORMALIDAD DEL LUBRICANTE

### CONTENIDO DEL KIT:

- 🌀 2 cajas de papel filtro Whatman No. 4 (200 filtros)
- 🌀 2 botellas de plástico 100 ml
- 🌀 1 tableta de inspección de luz blanca (incluye cable USB)
- 🌀 200 pipetas de plástico desechables
- 🌀 1 lámpara de luz ultravioleta



KIT DE PRUEBA DE GOTA CON UN VALOR DE: \$11,600.00 MXN



# Cadena de Abastecimiento (Supply Chain)

Es un proceso que se afianza con fuerza en la industria, ya que implica desde proveer la materia prima hasta la entrega del producto final, siguiendo una secuencia que permite una significativa reducción de costos.

Remigio Doménico Sena Mesa

España - Venezuela

Ingeniero mecánico/especialista en confiabilidad

Empresa: Pragma

remigiosena@hotmail.com

## Introducción

Los altos niveles de competencia en los mercados internacionales han llevado a las empresas a la conclusión de que, para sobrevivir y tener éxito en entornos más agresivos, ya no basta mejorar sus operaciones ni integrar sus funciones internas, sino que se hace necesario ir más allá de las fronteras de la empresa e iniciar relaciones de intercambio de información, materiales y recursos con los proveedores y clientes en una forma mucho más integrada, utilizando enfoques innovadores que beneficien conjuntamente a todos los actores de la cadena de suministros.

### **Términos:**

*Herramientas, información, cadena de abastecimiento.*

### **Palabras clave:**

*Prioridad, decisiones, económico, seguridad, efectos.*

## Concepto de cadena de suministro

Una cadena de abastecimiento no es más que todas las actividades relacionadas con la transformación de un bien, desde la materia prima hasta el consumidor final, muchas veces nos llega a nuestras manos un producto, sin darnos cuenta que ha pasado por un proceso para que llegue a ser el producto que tenemos, ese proceso es el que conocemos como cadena de abastecimiento.

Es una red de instalaciones y medios de distribución que tiene por función la obtención de materiales, transformación de dichos materiales en productos intermedios y productos terminados y distribución de estos productos terminados a los consumidores.

En una cadena de abastecimiento va a estar presente la logística, ya que tiene como objetivo abastecer los materiales necesarios en cantidad necesaria, calidad y tiempo requeridos al costo más bajo posible, lo cual será traducido en mejor servicio al cliente.

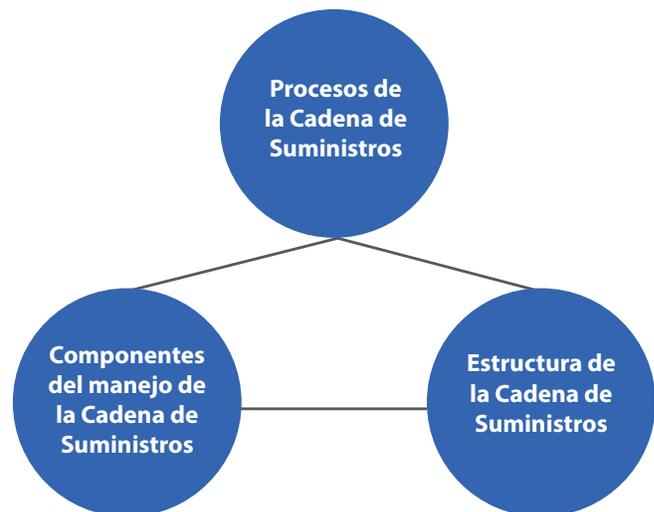
Una cadena de suministros consta de tres partes: el suministro, la fabricación y la distribución.

La parte del Suministro se concentra en cómo, dónde y cuándo se consiguen y suministran las materias primas para fabricación.

La Fabricación convierte estas materias primas en productos terminados y la Distribución se asegura de que dichos productos finales llegan al consumidor a través de una red de distribuidores, almacenes y comercios minoristas. Se dice que la cadena comienza con los proveedores de tus proveedores y termina con los clientes de tus clientes.

## Elementos de una cadena de suministros

La cadena de suministros cuenta con tres elementos, los procesos, los componentes y la estructura. Los procesos se refieren a las actividades que se realizan por los miembros dentro de la cadena, los componentes se refiere a la integración y el manejo que debe existir entre los procesos y la estructura se refiere a los miembros con los que existe una unión entre los procesos (Stock y Lambert, 2001).



**Figura 1.** Elementos de una Cadena de Suministros  
*Fuente: Stock y Lambert, p. 59*

## Importancia de la cadena de suministros

Muchas organizaciones están logrando una ventaja competitiva significativa por la forma en la que configuran y manejan las operaciones de la cadena de suministros (Chase, Aquilano, and Jacobs, 2002, pp. 332-333). La logística es un conjunto de actividades funcionales que son repetidas

muchas veces a través del canal, en el que los insumos son convertidos en productos terminados y posteriormente enviados al consumidor y, en cada actividad, el producto obtiene un valor agregado (costo). Por consiguiente (Ballou, 1999, p.7) plantea que “la administración de la logística empresarial está popularmente referida como el manejo o administración de la cadena de suministros”.

## LA GERENCIA DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

Es un proceso gerencial relativamente novedoso que tuvo gran impulso en la década pasada y genera reducciones de costos significativos, permitiendo a las empresas mayor nivel de competitividad y mayores ganancias. En el nuevo milenio la competencia se presenta entre las cadenas de abastecimiento y no entre las compañías individuales.

La gerencia de la cadena de abastecimientos gira alrededor de la integración eficiente de proveedores, fabricantes, distribuidores y minoristas, de esta forma se consigue reducir substancialmente los costos y, al mismo tiempo, se mejoran los niveles de servicio al cliente. La gerencia de la cadena de abastecimiento cubre las siguientes áreas: red de logística, almacenaje, gerencia del inventario, compras, alianzas estratégicas, informática y telecomunicaciones como elementos claves en las comunicaciones y toma de decisiones. Las empresas que quieren tener éxito necesitan hacer eficientes sus procesos en todas las áreas.



**Figura 2.** Elementos que integran una Cadena de Suministros. Fuente: <https://www.entrepreneur.com/article/316908>

Algunas de las causas para el desarrollo de una gestión de la cadena de abastecimiento son las siguientes:

1. El rápido desarrollo de los flujos de información.
2. La aparición del comercio electrónico.
3. La exigencia de los clientes.
4. La internalización de la economía y la desregulación de los capitales.
5. Consecución de alianzas que permitan hacer más eficientes los proceso.

Uno de los aspectos importantes de la cadena es la sincronización. Cualquier falla en algún punto de la secuencia creará un efecto dominó, tanto hacia atrás como hacia adelante, provocando atascos y bloqueos. De ahí la importancia de regular y controlar los flujos al interior del sistema. Toda anomalía o variación en el ritmo de los flujos puede ser indicio de algún quiebre.



### SCM (Supply Chain Management)

El término SCM (gestión de la cadena de suministro, del inglés Supply Chain Management) se refiere a las herramientas y métodos cuyo propósito es mejorar y automatizar el suministro a través de la reducción de las existencias y los plazos de entrega. El término producción "justo a tiempo" caracteriza el concepto de reducir al mínimo las existencias a lo largo de toda la cadena de producción.

Las herramientas SCM se basan en información sobre la capacidad de producción que se encuentra en el sistema de información de la empresa para hacer pedidos automáticamente. Por eso, las herramientas SCM tienen una fuerte correlación con la gestión integral de la empresa (ERP, Enterprise Resource Planning en inglés) dentro de la misma empresa. En teoría, una herramienta SCM permite rastrear el paso de las piezas (rastreadibilidad) entre los distintos participantes de la cadena de suministro.

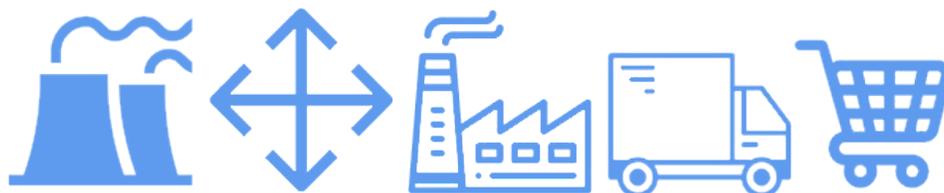
Está surgiendo como la combinación de la Tecnología y las mejores prácticas de negocios en todo el mundo.

### Manejo de la cadena de suministros (SCM)

¿Qué es y por qué este concepto está en la lista de prioridades de los altos ejecutivos?

Las compañías que han mejorado sus operaciones internas ahora están trabajando para lograr mayores ahorros y beneficios al mejorar los procesos y los intercambios de información que ocurren entre los asociados de negocios. "La Gestión de la Cadena de Suministros es la planificación, organización y control de las actividades de la cadena de suministro. En estas actividades está implicada la gestión de flujos monetarios, de productos o servicios de información, a través de toda la cadena de suministros, con el fin de maximizar, el valor del producto/servicio entregado al consumidor final a la vez que disminuimos los costes de la organización".

Una exitosa cadena de suministros entrega al cliente final el producto apropiado, en el lugar correcto y en el tiempo exacto, al precio requerido y con el menor costo posible. La cadena de suministros agrupa los procesos de negocios de múltiples compañías, así como a las diferentes divisiones y departamentos de nuestra empresa.



**Figura 3.** Gestión de la Cadena de Suministros

Fuente: <http://eqsmexico.com/portfolio/gestion-en-la-cadena-de-suministro-iso-28001-oea/>

Definida de una forma sencilla, SCM engloba aquellas actividades asociadas con el movimiento de bienes desde el suministro de materias primas hasta el consumidor final. Esto incluye la selección, compra, programación de producción, procesamiento de órdenes, control de inventarios, transportación almacenamiento y servicio al cliente.

Pero, lo más importante es que también incluye los sistemas de información requeridos para monitorear todas estas actividades.

Los mejores programas de SCM tienen características comunes. Primero que nada, tienen una obsesiva fijación en la demanda de los clientes. En vez de forzar los productos al mercado que pueden o no venderse rápidamente, satisfacer las demandas de los clientes o ser completos fracasos financieros, este tipo de iniciativas se traza objetivos de desarrollo y producción de productos que son demandados por los clientes, minimizando así, el flujo de materias primas, productos terminados, materiales de empaque, dinero e información en cada punto del ciclo del producto.

Estos objetivos han sido buscados por las empresas industriales desde hace varias décadas, y la gerencia ha experimentado e implementado con éxito técnicas modernas como Justo a Tiempo (JIT), Respuesta Rápida (QR), Respuesta Eficiente al Cliente (ECR), Inventarios Manejados por el Proveedor (VMI) y muchas más. Estas son las herramientas que ayudan a construir una estructura de cadena de suministros robusta.

Desde el punto de vista de costos, es donde se realizan los mejores beneficios, un estudio reciente demostró que los costos totales de la cadena de suministros llegan a ser el 75% de presupuesto operativo de gastos.

En la última década las compañías han implementado toda una gama de programas orientados a reducir el costo de operar, de hacer negocios, conceptos como Downsizing, Reingeniería, Outsourcing, etc. y han ayudado a restablecer la competitividad de industrias completas.

Durante este periodo el foco fue aumentar la rentabilidad -cortando costos- más que en incrementar las ventas. Esto puede ser llevado solamente hasta ciertos límites, hoy en día las empresas, con operaciones más delgadas y saludables están buscando crecer, y están reposicionando el concepto de la cadena de suministros como la palanca para el crecimiento.

La pregunta que entonces surge, no es ¿Por qué?, sino ¿Cómo? Los gerentes inteligentes reconocen dos cosas importantes. Primero, piensan en la cadena de suministros como un todo, todos los enlaces que se involucran en la administración del flujo de productos, servicios, información y fondos desde el proveedor de su producto su cliente. Segunda, buscan continuamente resultados tangibles, con foco en crecimiento en ventas, utilización de activos y reducción de costos.

## PRINCIPIOS PARA LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS

Una famosa consultora a nivel mundial (Accenture) ha propuesto una lista de siete principios para la gestión de la cadena de suministros, basados en la experiencia de las iniciativas de mejora de la cadena de suministros en más de 100 empresas industriales, distribuidoras y detallistas.

La implementación de estos principios permite balancear las necesidades de un excelente servicio a clientes con los requerimientos de rentabilidad y crecimiento. Al determinar qué es lo que los clientes demandan y cómo se coordinan los esfuerzos en toda la cadena de suministros para satisfacer estas demandas más rápido, más barato y mejor.

### Principio No. 1:

“Segmente a sus clientes basado en las necesidades de servicio de los diferentes grupos y adapte la cadena de suministros para servir a estos mercados rentablemente”.

Tradicionalmente hemos segmentado a los clientes por industria, producto o canal de ventas y hemos otorgado el mismo nivel de servicio a cada uno de los clientes dentro de un segmento.

Una cadena de suministros eficiente agrupa a los clientes por sus necesidades de servicio, independiente de a qué industria pertenece y entonces adecua los servicios a cada uno de esos segmentos.

### Principio No. 2:

“Adecue la red de logística a los requerimientos de servicio y a la rentabilidad de los segmentos de clientes”.

Al diseñar la red de logística debemos enfocarnos intensamente en los requerimientos de servicio y la rentabilidad de los segmentos identificados. El enfoque convencional de crear redes monolíticas es contrario a la exitosa gestión de la cadena de suministros.

Aún el pensamiento menos convencional acerca de la logística emerge en ciertas industrias que comparten clientes y cobertura geográfica que resulta en redes redundantes. Al cambiar la logística para industrias complementarias y competitivas bajo la propiedad de terceras empresas, se pueden lograr ahorros para todas las industrias.

### Principio No. 3:

“Esté atento a las señales del mercado y alinee la planeación de la demanda en consecuencia con toda la cadena de suministro, asegurando pronósticos consistentes y la asignación óptima de los recursos”.

La planeación de ventas y operaciones debe cubrir toda la cadena, buscando el diagnóstico oportuno de los cambios en la demanda, detectando los patrones de cambio en el procesamiento de órdenes las promociones a clientes, etc. Este enfoque intensivo en la demanda nos lleva a pronósticos más consistentes y la asignación óptima de los recursos.

### Principio No. 4:

“Busque diferenciar el producto lo más cerca posible del cliente”.

Ya no es posible que acumulemos inventario para compensar por los errores en los pronósticos de ventas.

Lo que debemos hacer es posponer la diferenciación entre los productos en el proceso de manufactura lo más acerca posible del cliente final.

### Principio No. 5:

“Maneje estratégicamente las fuentes de suministro”.

Al trabajar más de cerca con los proveedores principales para reducir el costo de materiales y servicios, podemos mejorar los márgenes tanto para nosotros, como para nuestros proveedores.

El concepto de exprimir a los proveedores y ponerlos a competir ya no es la forma de proceder, ahora la tendencia es "ganar-ganar".

### Principio No. 6:

“Desarrolle una estrategia tecnológica para toda la cadena de suministros”.

Una de las piedras angulares de una gestión exitosa de la cadena de suministros es la tecnología de información que debe soportar múltiples niveles de toma de decisiones, así como proveer una clara visibilidad del flujo de productos, servicios, información y fondos.

### Principio No. 7:

“Adopte mediciones del desempeño para todos los canales”.

Los sistemas de medición en las cadenas de suministro hacen más que monitorear las funciones internas, deben adoptarse mediciones que se apliquen a cada uno de los eslabones de la cadena. Lo más importante es que estas mediciones no solamente contengan indicadores financieros, sino que también nos ayuden a medir los niveles de servicio, tales como la rentabilidad de cada cliente, de cada tipo de operación, unidad de negocio y, en última instancia, por cada pedido.

Estos principios no son fáciles de implementar y requieren de ciertas habilidades que en algunos casos no son las que naturalmente encontramos en los profesionales de la logística. Se requiere de un esfuerzo de grupo, de habilidades multifuncionales, con las cualidades facilitadoras que integren las necesidades divergentes de manufactura y ventas, calidad y precio, costo y servicio y las mediciones cualitativas y financieras.

Se debe ampliar el entendimiento de las otras áreas de la organización, se tiene que mejorar el conocimiento de las funciones de compras, planeación de productos, marketing, ventas y promoción de ventas, y también deben desarrollar un conocimiento más íntimo de sus clientes.

Recuerde que la cadena de suministros comienza y termina con el cliente.

Adicionalmente, es importante que los profesionales sean conocedores de la tecnología de información. La informática no es una función de soporte adicional a la cadena de suministros, más bien es el habilitador, el medio por el cual varios eslabones se integran en una sola cadena.

La tecnología de información debe ayudar en tres categorías diferentes:

Primero, debe soportar las actividades operativas, la toma de decisión de corto plazo, el manejo de las transacciones diarias, el procesamiento de órdenes, los embarques, los movimientos de almacén, etc.



Segundo, debe soportar la planeación y la toma de decisiones de mediano plazo, tal como soportar la planeación de la demanda, la programación maestra de la producción y, en general, la asignación óptima de los recursos.

Finalmente, los sistemas de información deben de soportar el análisis estratégico al proveer herramientas de modulación y otras herramientas que sintetizan los datos para la planeación de escenarios, ayudar a la gerencia a evaluar los centros de distribución, los proveedores, los servicios tercerizados, etc.

## Modelo para realizar una revisión a la cadena de suministros

- Cree una lista de todas las empresas con las que usted hace negocios e identifique aquéllas que son más críticas para su propio futuro. Éstas se han de atender primero. Tal vez no sean las más grandes, pero serán aquéllas de las que usted dependerá más a fin de operar o, aquéllas que usted no podrá reemplazar con facilidad.
- Establezca un archivo para el estado de cada uno de sus contactos inmediatos en la cadena de suministros. Esto se puede hacer en una base de datos sencilla o en un archivo manual. Comparta la información con ellos. Utilice el archivo para medir el progreso de ellos contra el suyo propio. Recuerde que todo el mundo tiene el mismo objetivo de la continuidad de los negocios. Por lo tanto, la colaboración es más provechosa que la confrontación o el litigio.
- Tal vez usted no tenga que revisar todos los enlaces directamente. Una serie de grupos y asociaciones industriales se encuentran trabajando conjuntamente a fin de publicar el estado de su grado de preparación. Existen esquemas similares en otras industrias, lo que les permite a las empresas compartir el avance en lugar de que

estén repitiendo el mismo proceso de revisión. Si usted pertenece a alguna asociación industrial o gremial, solicíteles información acerca de cualquier iniciativa en la que ellos puedan estar participando.

Si usted no pertenece a alguna asociación, considere la posibilidad de conformar su propio grupo con el objeto de compartir las experiencias y la información.

## ¿Qué necesito revisar?

No les envíe a las compañías en su cadena de suministros un cuestionario o una carta circular. Propicie un verdadero diálogo a fin de que ambos puedan asegurar los niveles de servicio existentes, o aún mejores, en el futuro. La exigencia de cumplir con los requisitos no se ve favorecida con la insistencia de algunas compañías para que se les proporcionen declaraciones contractuales o de hacer amenazas en el sentido de que emprenderán acciones legales.

- Identifique todos sus enlaces con otras empresas locales, nacionales e internacionales, al igual que su grado de dependencia de éstas.
- Utilice sus contactos personales existentes para evitar la confrontación y para promover los beneficios mutuos.
- Su personal de ventas y de compras puede enterarse de información sobre el estado a través de sus contactos usuales con clientes y proveedores.
- Asegúrese de que toda esta información se registre en los archivos que usted haya establecido sobre el estado de las empresas.
- Si usted tiene alguna duda acerca de las manifestaciones que haga alguna empresa, sométalos a la prueba, haciendo

preguntas más detalladas sobre la organización de sus programas, con base en lo que usted requiere de ellas.

- Constate lo anterior cara a cara.
- Esté preparado para compartir su propia experiencia.
- Investigue si existe alguna iniciativa nacional para su sector específico de negocios, la cual podría tal vez estar siendo liderada por una de las principales empresas.

## Outsourcing

Outsourcing es una megatendencia que se está imponiendo en la comunidad empresarial de todo el mundo y consiste básicamente en la contratación externa de recursos anexos, mientras la organización se dedica exclusivamente a la razón de su negocio.

El Outsourcing hasta hace tiempo era considerado simplemente como un medio para reducir significativamente los costos; sin embargo en los últimos años ha demostrado ser una herramienta útil para el crecimiento de las empresas.

Es contratar y delegar a largo plazo uno o más procesos no críticos para nuestro negocio, a un proveedor más especializado que nosotros para conseguir una mayor efectividad que nos permita orientar nuestros mejores esfuerzos a las necesidades neurálgicas para el cumplimiento de una misión.

Un servicio de estos busca resolver problemas funcionales y/o financieros a través de un enfoque que combina infraestructura, tecnológica y física, recursos humanos y estructura financiera en un contrato definido a largo plazo.

El Outsourcing es un tema de actualidad en el que el objetivo principal de la empresa es la reducción de gastos directos, basados en la subcontratación de servicios que no afectan la actividad principal de la empresa.

La subcontratación tiende a usarse para proyectos o componentes de proyectos específicos, normalmente para ser ejecutados en corto plazo. Los convenios de Outsourcing tienen mayor alcance puesto que son la delegación de la administración de actividades que tienden a firmarse por periodos entre 3 y 10 años; no se orientan solo a labores de bajo nivel, eventualmente entregan actividades no esenciales y repetitivas, pero también pueden llegar a ser una asociación donde se comparte el riesgo y utilidades.

La compañía contratante logrará en términos generales, una "Funcionalidad mayor" a la que tenía internamente con "Costos Inferiores" en la mayoría de los casos, en virtud de la economía de escala que obtienen las compañías con su contratista.

En fin, es un tema sumamente interesante que, si es bien aplicado, puede reducir los costos directos de una empresa.

### Las cinco razones para adoptar Outsourcing:

- Reducir o controlar el gasto de operación. En un estudio realizado por el Outsourcing Institute se encontró que las compañías redujeron costos en un 90%.
- Disponer de los fondos de capital. El Outsourcing reduce la necesidad de tener que incluir fondos de capital de funciones que no tienen que ver con la razón de ser de la compañía.
- Tener acceso al dinero efectivo. Se puede incluir la transferencia de los activos del cliente al proveedor.
- Manejar más fácilmente las funciones difíciles o que están fuera de control. El Outsourcing es definitivamente una excelente herramienta para tratar esta clase de problema.
- Enfocar mejor la empresa. Permite a la compañía enfocarse en asuntos empresariales más ampliamente.



## LAS CINCO RAZONES ESTRATÉGICAS MÁS IMPORTANTES:

- Tener acceso a las capacidades de clase mundial. La misma naturaleza de sus especializaciones, los proveedores ofrecen una amplia gama de recursos de la clase mundial para satisfacer las necesidades de sus clientes.
- Acelerar los beneficios de reingeniería.
- Compartir riesgos.
- Destinar recursos para otros propósitos.
- El Outsourcing es aplicable a diferentes áreas de la organización, como por ejemplo, personal, compras, mercadeo etc.

Sistemas Outsourcing de Suministros.

El costo de comprar en las empresas fluctúa entre un 15% y un 30% del costo total de las compras y que están compuestas por los siguientes costos.

- Costos del departamento de compras: El proceso de elaboración de órdenes de compra, atender vendedores, solicitar cotizaciones, realizar y coordinar el comité de compras, atender o solucionar problemas en cuanto a calidad o tiempos de entrega de los productos, elección de proveedores.
- Costos de distribución: Recepción de los requerimientos por área, separación, empaque y distribución de los artículos, actualización de las tarjetas de inventarios y el generado por el transporte y manejo de las transportadoras tanto a nivel urbano como nacional.
- Costos de almacenamiento: Valor del arriendo del área asignada, el personal que labora en el almacén y todos los procesos que se tienen que llevar a cabo para almacenar y despachar la mercancía.
- Costo de contabilización y pagos: El que se genera en el departamento de Contabilidad al tener que revisar, archivar, generar cheques para las facturas para cada uno de los proveedores.
- Costo financiero: Costo de oportunidad del dinero invertido en el inventario.



www.baarty.com

## Ventajas del outsourcing

- Rebaja en los costos totales de los bienes y servicios adquiridos.
- Una mejora en la calidad del servicio obtenido, comparado con el que existía antes.
- Los trabajadores de la compañía pueden dedicar su tiempo al verdadero objeto de su negocio.
- Atención especializada, permitiendo un trabajo en equipo con el departamento de organización y métodos para mejoramiento o eliminación de procesos.
- Suministrar al sitio que el cliente le indique.
- Un solo estado de cuenta total indicando los consumos por cada centro de costo o puesto de trabajo: esto solo se hace posible mediante la implantación del EDI, intercambio electrónico gracias a la conexión en red que posee.
- Alianzas estratégicas.
- Reducción de espacio.
- Beneficios adquiridos.
- Seguridad y confianza: Seguridad de contar con un proveedor integral que mantendrá un inventario, para realizar suministros de más de 6000 referencias para aseo, cafetería, equipos y muebles de oficina de las marcas preferidas en el mercado.
- Reducción de costos: Disminuyendo de una manera significativa el costo de comprar entre estos se tienen los siguientes: Costo de Almacenamiento, costo de distribución, de contabilización y pagos, así como el costo financiero.

En la mayoría de los casos, los productos enviados desde el área de fabricación de la plataforma de carga se han asignado para las entregas de salida. En algunos casos, los productos no llegan a la zona de carga del área de fabricación, pero pueden llegar como un producto comprado que está siendo re-vendido o ser liberado de otra de las empresas que fabrican las plantas para su envío desde el almacén.

## Beneficios del cross docking

Muchas empresas se han beneficiado del uso de cross-docking. Algunos de los beneficios incluyen:

- Reducción de los costes laborales, como los productos ya no requiere la recolección y la entrada en stock en el almacén.
- Reducción del tiempo desde la producción hasta el cliente, lo que ayuda a mejorar la satisfacción del cliente.
- La reducción de la necesidad de espacio de almacén, como no hay ningún requisito para el almacenamiento de los productos.

## Just in time

Es una política de mantenimiento de inventarios al mínimo nivel posible donde los suministradores entregan justo lo necesario en el momento necesario para completar el proceso productivo.

El JIT trae muchas ventajas, que incluyen lo siguiente:

Reduce los niveles de inventarios necesarios en todos los pasos de la línea productiva y, como consecuencia, los costos de mantener inventarios más altos, costos de compras, de financiación de las compras y de almacenaje.

Minimiza pérdidas por causa de suministros obsoletos.  
Permite (exige) el desarrollo de una relación más cercana con los suministradores.



## Conclusión

Las cadenas de suministro efectivas permiten competir con éxito en los mercados actuales, gracias al resultado que produce la conjunción de los objetivos de la cadena de suministro y la implantación de mejores prácticas en áreas como la planificación del suministro y la demanda, producción, transporte, almacenaje, compras y servicio al cliente.

En la actualidad, uno de los objetivos más buscados por todas las empresas es la mayor eficiencia al menor costo, sin dejar por un lado los estándares de calidad y servicio al cliente.

### Datos del autor

Remigio Doméxico Sena Mesa  
España - Venezuela  
*Ingeniero mecánico/especialista en confiabilidad*  
remigiosena@hotmail.com

**Empresa:** Pragma  
Maestro ingeniero mecánico, especialista en confiabilidad, 16 años de experiencia.  
Calle caballito de mar # 70, interior 2 Colonia Playa Norte. Cd. del Carmen (938)-1140192

## Referencias

1. Barret, Colin. *Modern Transportation Management and Material Management*, Editorial Logistics Series.
2. Chopra, Sunil. Meindl, Peter. *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operations*, Editorial Prentice Hall. 1ª edición.
3. Christopher, Martin. *Logistics and supply Chain Management: Strategies for reducing Costs and Improving Service*, Editorial Prentice Hall. 2a Edition.
4. Frazelle, Edward. *World-Class Warehousing and Material Handling*. Editorial Logistics Management Library. (2002).
5. Gorchels, Linda. *The product Managers Handbook: The Complete Product Management Resource*, Editorial New Products Marketing.
6. Handfield, Robert B. y Nichols, Jr. Ernest L. *Supply Chain redesign: Transforming Supply Chains into Integrated Value Systems*. Editorial Prentice.
7. Kasilingam, Raja G. *Logistics and Transportation-Desing and Planning*, Editorial Kluwer Academic Publisher Co. (1999).
8. Knolmayer, Gerhard, Mertens, Peter, Zeiers, Alexander. *Supply Chain Management Based on SAP Systems*, Editorial Springer Verlag.
9. Tompkins, James A. y Smith, Jerry D. *Warehouse Management Handbook*. Editorial Editors-in chiefs.

# Eventos 2020 de mantenimiento

Del 18 al 22 de Noviembre 2019  
**15° CONGRESO URUGUAYO DE  
MANTENIMIENTO, GESTIÓN  
DE ACTIVOS Y CONFIABILIDAD,  
URUMAN 2019**

Lugar: Montevideo, Uruguay

[Haz click aquí para ver más](#)

Del 25 al 28 de Noviembre de 2019  
**CONGRESO DE MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD, CMC PERÚ 2019**

Lugar: Lima, Perú

[Haz click aquí para ver más](#)

Del 09 al 12 de Diciembre 2019  
**THE 34TH INTERNATIONAL  
MAINTENANCE CONFERENCE,  
IMC 2019**

Lugar: Marco Island, Florida

[Haz click para ver más](#)

Del 22 al 24 de Abril de 2020  
**XXII CONGRESO INTERNACIONAL  
DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN  
DE ACTIVOS, CIMGA 2020**

Lugar: Bogotá, Colombia

[Haz click para ver más](#)

Del 04 al 07 de Mayo 2020  
**THE RELIABILITY CONFERENCE**

Lugar: Seattle, Washington

[Haz click para ver más](#)



# Importancia del clima organizacional y los elementos que lo configuran

**Identidad.** Un breve análisis de cómo influye el ambiente laboral en el rendimiento de los trabajadores para generar mayor participación y compromiso con la empresa.

Medardo José Mora Díaz

Venezuela

Director-Gerente

Empresa: PROMEMORA, S.A. DE C.V.

medardomora@gmail.com

**P**ara atender este discernimiento conceptual recurriré al formidable recurso de “la pregunta” y así, nos haremos las siguientes preguntas:

1.- ¿Por qué es tan importante el clima organizacional en una empresa?

2.- ¿Se pueden alcanzar resultados exitosos en una empresa sin la cooperación del personal?

Por otra parte, antes de leer lo expresado por su servidor, por favor tome un medio de escritura, analógico o digital, y exprese lo que usted respondería, con ello tendrá la oportunidad al final de la lectura de autoevaluar las eventuales brechas en este enfoque de conocimiento.

1. ¿Por qué es tan importante el clima organizacional en una empresa?

Partiendo de los puntos de vista, respecto a qué es el clima organizacional, emanados de algunos autores versados en el tema, como son:

... *“ambiente compuesto de las instituciones y fuerzas externas que pueden influir en su desempeño” (Robbins, 1999).*

... *“se refiere a las percepciones compartidas por los miembros de una organización respecto al trabajo, el ambiente físico en que éste se da, las relaciones interpersonales que tienen lugar en torno a él, y las diversas regulaciones formales que afectan dicho trabajo” (Cabrera, 1996).*

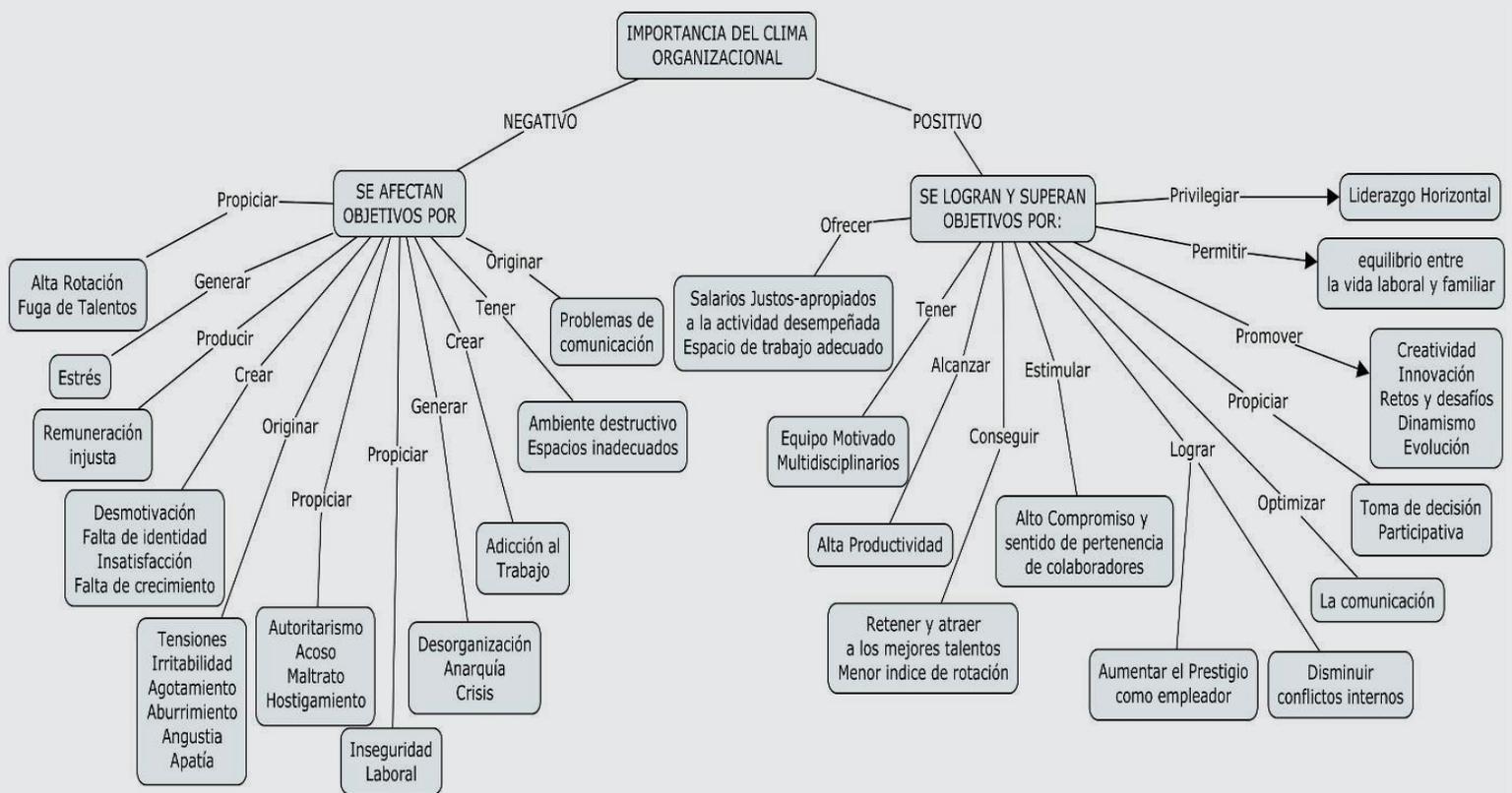
... *“de todos los enfoques sobre el concepto de Clima Organizacional, el que ha demostrado mayor utilidad*

*es el que utiliza como elemento fundamental las percepciones que el trabajador tiene de las estructuras y procesos que ocurren en un medio laboral” (Gonçalves, 1997).*

... *“El clima laboral es la suma de las percepciones que los trabajadores tienen sobre el medio humano y físico donde se desarrolla la actividad cotidiana de la organización. El clima laboral es un factor coyuntural en la vida de una organización. En este sentido el clima se asienta sobre la cultura organizacional, un factor más permanente derivado de la historia, los valores y la tradición de la organización. El clima laboral evoluciona según dinámicas internas propias que dependen de procesos de percepción básicos como la credibilidad de la fuente, los procesos selectivos de llegada de la información, los liderazgos de opinión o las normas grupales” (Fundación RH, 2006).*

Se puede interpretar y, es de resaltar, que la clave es tener en cuenta que el comportamiento de un colaborador no es una resultante de los factores organizacionales existentes, sino que depende de las percepciones del colaborador respecto a estos factores, en todo caso las percepciones del trabajador sí son altamente dependientes de las condiciones del medio ambiente en la empresa, su cultura, las interacciones o relaciones interpersonales, factores de poder, las normas, creencias y valores establecidos, ya que todo ello conforma un sistema que regula el comportamiento y desempeño de los colaboradores. En este orden de ideas, también podemos inferir que el clima organizacional es un reflejo de esas interacciones, características perceptivas de los colaboradores y sistema organizacional; de tal manera que hablamos de un sistema de intercambios simbióticos, los cuales influyen drásticamente en la satisfacción y en la productividad, radicando en ello la vital importancia del clima organizacional y la necesidad de gestionarlo adecuadamente; para esto es necesario atender varios factores los cuales, positiva o negativamente, incidirán en esta crucial variable (clima organizacional).

En la gráfica a continuación se ilustran estos factores:



**Gráfica 1.** Importancia del Clima Organizacional (factores que lo configuran). *Fuente: El autor (2017)*

Teniendo en perspectiva a estos factores, podemos observar las nueve (9) dimensiones del clima organizacional:

- |                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| 1) Estructura                    | 5) Relaciones  |
| 2) Responsabilidad (Empowerment) | 6) Cooperación |
| 3) Recompensa                    | 7) Estándares  |
| 4) Desafío                       | 8) Conflictos  |
|                                  | 9) Identidad   |

Finalmente, como conclusión, podemos indicar que la gran importancia del clima organizacional es vincular los objetivos de la organización con el comportamiento de los colaboradores, fundamentado en las actitudes, creencias y valores de ellos, y teniendo en cuenta que esto se concatena para realimentar al clima de la organización y su cultura. Entonces, conocer el clima organizacional es crucial para el éxito de la empresa, por ello es clave que los gerentes sepan analizarlo y diagnosticarlo a través de los siguientes tres (3) elementos:

1. Evaluar de dónde provienen los conflictos e insatisfacciones que conllevan al desarrollo de actitudes negativas frente a la organización.
2. Buscar cambios indicativos para la gerencia sobre los elementos hacia donde debe dirigir sus intervenciones.
3. Continuar con el desarrollo de la organización y prever los problemas que puedan surgir.

Este conocimiento proporciona información sobre los procesos que determinan el comportamiento organizacional, facultando la toma de decisiones a fin de introducir cambios planificados, promover nuevas actitudes y conductas, ajustes en la estructura organizacional de manera total o parcial en algunos de sus subsistemas.

En bibliografía inherente a este tema también se encuentra un interesante enfoque, el cual promueve ver al clima organizacional desde una perspectiva de calidad total en la línea de la EFQM (European Foundation for Quality Model), desde esta perspectiva, el trabajador se ve como un cliente interno del cual hay que medir el grado de satisfacción.

## 2. ¿Se pueden alcanzar resultados exitosos en una empresa sin la cooperación del personal?

Para el éxito en la gestión de la empresa, es imprescindible la participación y cooperación de todos los colaboradores de esta; tal como se puede observar en la ilustración de la respuesta a la pregunta 1, existen múltiples factores clave para un clima organizacional positivo o negativo, y todos dependen de la participación de los colaboradores, más aún, es su participación la que los hace aparecer, y tal como se analizó en la respuesta a la pregunta 1, la efectividad y eficiencia en el desempeño de la organización están ancladas con el clima organizacional.

De tal manera que, sin la participación de todos los colaboradores no se podrían evaluar las variables: Capacitación y desarrollo, compromiso con la organización, comunicación interna, liderazgo, condiciones laborales, incentivos, reconocimiento, toma de decisiones, valores, trabajo en equipo; con cuya evaluación y el correspondiente análisis se puede establecer el clima organizacional existente y, con ello, tener los elementos de juicio suficientes (FODA) para trazar estrategias internas y externas a fin de conducir la empresa por una ruta exitosa, en la cual todos tengan participación con compromiso hacia la organización.

Finalmente, quiero invitarles a seguirse haciendo preguntas sobre asuntos interesantes, como mecanismo para crecer y en ese orden les dejaré algunas sugerencias:

Un tema de ineludible atención para el ser humano es “El Futuro”, hay quien se remite a la astrología, otros usan manojos de cartas y hasta bolas de cristal, lo cierto es que, por ejemplo, quienes están en Wall Street realmente no tienen éxito a través de alguno de esos mecanismos, es la ciencia y la tecnología donde consiguen las respuestas, mediante la toma de decisiones informadas.



Partiendo de lo descrito en el artículo, y buscando una proyección de futuro, pensemos en las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo será el futuro de las organizaciones del futuro y como se percibirán los factores enumerados en este artículo?
- ¿Podemos anticiparnos al futuro, a través de estos parámetros, y así moldearlo a conveniencia?
- En las organizaciones clase mundial de hoy: ¿La estrategia del presente se define en función del futuro? ¿De cuál futuro?
- ¿Tomar decisiones ayuda a tener certezas? Remediar o reparar, ¿es más caro que prevenir?

Datos del autor

**Medardo José Mora Díaz**  
 Venezuela  
**Director-Gerente**  
 Empresa: PROMEMORA, S.A. DE C.V.  
 medardomora@gmail.com

Doctor en Administración Gerencial (UBJ-México, 2019), con dos (2) Maestrías y una Especialización en Gerencia de Proyectos, más diplomados en Finanzas Corporativas, Gestión y Planificación Financiera y Marketing Estratégico, combinados con 35 años de experiencia en ejecución de proyectos, programas y portafolios de proyectos para la Industria Petrolera y Siderúrgica (SIDOR), Venezolana y Mexicana.

Referencias

Belly, Pablo L. (2004). *El shock del management, La revolución del conocimiento*. México DF-México: McGraw Hill Interamericana.

Cabrera, G. *Apuntes de Cátedra, Comportamiento Organizacional*. Universidad Central de Chile, 1996. <http://www2.uel.br/ccb/psicologia/revista/oclima.htm>

Dessler. Gary. *Organización y Administración*. Prentice Hall Interamericana, México, 1993, p. 181.

Gonzalvez, Alexis. Artículo de Internet "Dimensiones del Clima Organizacional". Sociedad Latino Americana para la calidad (SLC), Internet, diciembre 1997.

Maddux, Robert B. (2001). *Como Formar un Equipo de Trabajo*. Barcelona-España: Gedisa.

Manz, Stewart (2003). *Trabajo en Equipo y Dinámica de Grupos*. México DF, México: Limusa Wiley.

Mora Díaz, Medardo (2002). *Elementos Críticos de Manejo de Riesgo en los Procesos de Gerencia de Proyectos*; Caracas: Tesis Especialización en Gerencia de Proyectos UCAB.

*Organizaciones. Comportamiento, estructura, procesos*. México DF-México: McGraw Hill Interamericana.

Pérez Piris, Mirna (2010). *El Arte de Ser Coach, y algo más...* México DF-México: Trillas.

Robbins, Stephen. *Comportamiento Organizacional*. 8ª edición, Editorial Prentice Hall, 1999. México.

Zeus, P., Skiffington, S. (2002). *Guía Completa de Coaching en el Trabajo*. Madrid-España: McGraw Hill Profesional.

# ANÚNCIATE en nuestra página web

con un solo click 

**PREDICTIVA**21

Contáctanos: [contacto@predictiva21.com](mailto:contacto@predictiva21.com)

[www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com)

# Palabra clave: RETO

Annalisa Ferrari, CEO de la empresa Uniformes Venezuela LLC, siente la industria como un reto fascinante, el mejor escenario para destacarse como mujer, empresaria y madre.

Irene González  
irene.gonzalez@predictiva21.com

---

**S**u apellido puede sonar a fama y poder. Su nombre, por muy italiano que sea, realmente identifica y le da carácter a una mujer nacida en Venezuela, en uno de los territorios más calientes de ese suelo caribeño: Maracaibo. Haber nacido en Maracaibo, proveniente de una familia de inmigrantes luchadores por un futuro de calidad, fue una fusión de la que emergió una mujer con una esencia propia: alegre,

sencilla, humilde en su visión del mundo, reflexiva, con un hablar colmado de franqueza y de pasión por su tierra, por su familia y su profesión. Se describe luchadora, ganadora y exitosa. No se amilana en medio de la crisis y, en esta pequeña semblanza, nos da conocer su apreciación sobre el papel de la mujer venezolana como empresaria y como parte fundamental en la industria.

**P21: ¿Cuál ha sido la evolución de la mujer en la industria?**

AF: El simple hecho de abrirse camino y romper paradigmas nos obliga a evolucionar en cualquier ámbito, incluyendo el mundo industrial y, como mujer, aún más. La mujer busca acoplar tantas funciones a la vez, pues necesita, imperiosamente, demostrarse y demostrar su capacidad ante un mundo muy competitivo y audaz. La mujer se prepara y se actualiza, cualquiera sea su campo de trabajo, con más empeño y dedicación pues sabe que las oportunidades están a la vuelta de la esquina y debemos aprovecharlas. Nos empoderamos y seguimos nuestra lucha pese a todo.

**P21: ¿Cuál es el aporte que, en su opinión, ha sido el más valioso?**

AF: Reflexiono y creo firmemente que el aporte más valioso ha sido vencer los temores y poder transmitir ese aprendizaje a mi hija, amigas y demás mujeres. El temor al asumir un reto siempre estará allí pero, el vencerlo, es lo que nos distingue del resto y nos permite seguir cada día. Debes aprender a ser realista y reconocer tu entorno para llevar a cabo tus metas.

**P21: Como empresaria venezolana, ¿cuál es la fórmula para salir airoso de una crisis en la industria?**

AF: Es más sencillo e lo que creemos: Simplemente reconocer tus valores y limitaciones y aprender a delegar. Reconocer que no eres una súper heroína, sino que eres una mujer con metas, las cuales aprendes a diseñar y las emprendes dentro de la realidad que te rodea para lograr el éxito. No veas el mundo empresarial como un ring de box, un campo de batalla, es un mundo de aportes y aprendizajes. El mundo es de todos.

“ Es muy importante que nuestras hijas conozcan el valor que tienen como mujeres y el aporte invaluable que ofrecen al mundo".

**P21: ¿Cuál ha sido el papel de la mujer en la industria venezolana?**

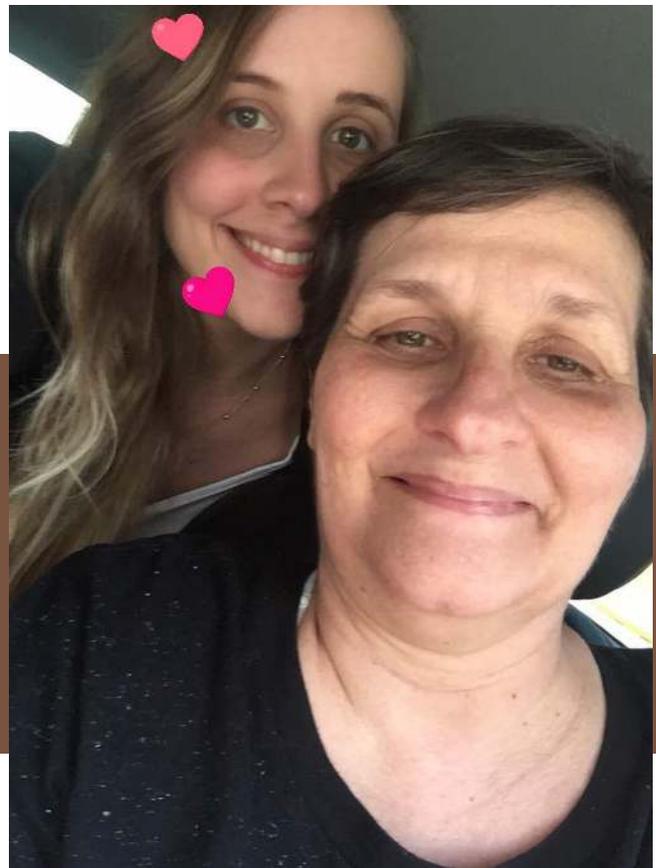
AF: Uffff!!! Desde la que hace las empanadas o limpia hasta la directora o dueña de una empresa es el tesón, la preparación, el dejar a un lado el "NO PUEDO" por el "ESTOY PARA ESO Y MÁS". Es reconocer tu realidad y utilizarla para tu beneficio y el de los tuyos. La mujer venezolana posee en su ADN ese atributo que la distingue en cuanto a pensar en ellas y en los demás.

**P21: ¿Se enfrentan industria y familia?**

AF: ¡Sí claro! Es allí donde debemos estar aún más claras de lo que queremos ser y hacer y, entonces, luchar por nuestro espacio, establecer prioridades pero, algo importante y que no debemos olvidar, es el apoyo de los tuyos y hacerlos partícipes de tus sueños, luchas y triunfos.

**P21: ¿Cómo logra una empresaria venezolana la forma de equilibrar ambos aspectos o funciones? (madre e industria)**

AF: Como mencioné anteriormente, involucrar a los tuyos. Hacerlos sentir que son fundamentales en cada uno de tus logros y que son la razón de tu lucha y esfuerzo.



# Cromatografía gaseosa: conozca este análisis esencial

Una técnica de mantenimiento predictivo que resulta de suma importancia para la conservación de los equipos eléctricos en la industria.

Prof. Tarcisio Baroni

Brasil

Director Técnico de Tribología

Empresa: ALS Global

tarcisio.baroni@alsglobal.com

Como técnico de mantenimiento, usted debe apreciar la durabilidad y confiabilidad de su equipo. Para ello, conocer los análisis y las técnicas de mantenimiento predictivo es muy importante. La cromatografía gaseosa es una de esas técnicas y debe tenerse en cuenta cuando hablamos de equipos eléctricos utilizados en industrias. Descubre a continuación la importancia de la cromatografía gaseosa para la salud y funcionalidad de esos equipos y por qué usted puede beneficiarse de ella.

## ¿Qué es la cromatografía gaseosa?

La cromatografía gaseosa es un método físico de separación de los componentes de una mezcla a través de una interacción diferencial de sus componentes entre una FASE ESTACIONARIA (líquido o sólido) y una FASE MÓVIL (gas).

Bueno, si parece complicado, no te preocupes. Es realmente muy complicado. Entonces, veamos una analogía bien simplificada (libertad poética) para, al menos, entender el concepto:

Imagine un tubo capilar largo y lleno de polvo muy fino. Un polvo tan fino que funciona como tamiz molecular. Si pasamos dos gases de moléculas con diferentes tamaños (A y B), veremos en la otra punta que el gas de molécula menor (A) va a salir primero y el mayor (B) saldrá por último. Un detector instalado en la salida nos permitirá decir cuándo y cuánto de gas está saliendo. Porque el «cuándo» está relacionado con un gas específico. Nunca veremos B salir antes de A y cada uno de ellos saldrá siempre con el mismo tiempo. Y el «cuánto» está relacionado con la concentración de estos gases en la mezcla.

## La importancia de la cromatografía gaseosa

Ya sabemos un poco sobre cómo la cromatografía gaseosa identifica y cuantifica los gases. Pero ¿para qué necesitamos de ella?

Los transformadores eléctricos necesitan aislamiento contra descargas y refrigeración para disipar el calor. En general, se utiliza aceite mineral aislante para este propósito.

Durante el funcionamiento del transformador ocurre un proceso normal de envejecimiento, el cual genera gases característicos. Si hay algún cambio en el transformador por defecto o incluso por simple variación de carga, se perciben variaciones en las concentraciones de esos gases. Por medio del análisis de cromatografía gaseosa es posible definir la composición de la mezcla de gases disuelta en el aceite aislante. Se trata de un ensayo de monitoreo muy sensible que detecta la presencia de nueve gases, conforme regulado por la NBR 7070 (Tabla 1).

La evaluación se realiza mediante muestreos utilizando jeringas de vidrio. Las colecciones pueden ser recogidas por el técnico responsable de la empresa o por una tercerizada. Algunas industrias cuentan con laboratorio propio, otras, debido al altísimo costo de adquisición, calibración, mantenimiento de los equipos y calificación profesional del químico, optan por la tercerización de este servicio.

En cualquier caso, se recomienda que las colectas se hagan siempre de la misma manera, con los mismos instrumentos, para evitar errores muestrales.

El laboratorio, tan pronto como recibe la jeringa con la muestra, hace preparaciones especiales para extraer los gases en ella disueltos. A continuación, sólo los gases extraídos se inyectan en el cromatógrafo para la identificación y la cuantificación.

Para un diagnóstico confiable, son necesarios análisis periódicos y continuos, ya que la concentración de los gases varía a lo largo del tiempo. Así, para verificar la evolución de la concentración de compuestos improductivos diluidos en el aceite, se deben mantener análisis sistemáticos que puedan ser comparados entre sí.

“La cromatografía gaseosa permite diagnosticar problemas antes de que ocurran las fallas en la unidad”.



**A través de la cromatografía gaseosa, es posible detectar problemas en su origen y adoptar medidas correctivas acertadas que garanticen la operacionalidad y seguridad del equipo.**

**Tabla 1.** Gases cuya concentración debe ser analizada conforme NBR 7070

<b>GAS</b>	<b>Fenómenos más comunes asociados</b>
Hidrogênio (H2)	Descarga parcial; electrólisis
Oxígeno (O2)	Envejecimiento del aceite
Nitrogênio (N2)	No relacionado con defecto, pero útil en la interpretación de los demás gases
Monóxido de Carbono (CO)	Celulosa sobrecalentada
Dióxido de Carbono (CO2)	Descarga parcial; celulosa sobrecalentada; corona en el papel
Metano (CH4)	Descarga parcial; corona en el aceite
Etileno (C2H4)	Aceite sobrecalentado
Etano (C2H6)	Corona no óleo; sobreaquecimiento no óleo
Acetileno (C2H2)	Arco eléctrico

De esta manera, es posible diagnosticar un problema antes de que ocurran fallas en la unidad, adoptando un procedimiento adecuado de reparación en el equipo. Cuando el problema sigue siendo pequeño, el tiempo necesario de desactivación programada de la unidad es mínimo, cuando se compara al período demandado en caso de accidente o de pane en el equipo.

Además, dependiendo de la gravedad de la situación, el mantenimiento predictivo realizado a partir del análisis de

cromatografía gaseosa puede evitar situaciones drásticas, como la pérdida total del equipo y pérdidas en función de la parada total de la producción de esa unidad.

### Realice el análisis de cromatografía gaseosa

El técnico encargado de las operaciones de mantenimiento debe mantener en su rutina diaria procedimientos que

resguarden la seguridad de los equipos, así como proteja el equipo de daños y, consecuentemente, de pérdidas financieras.

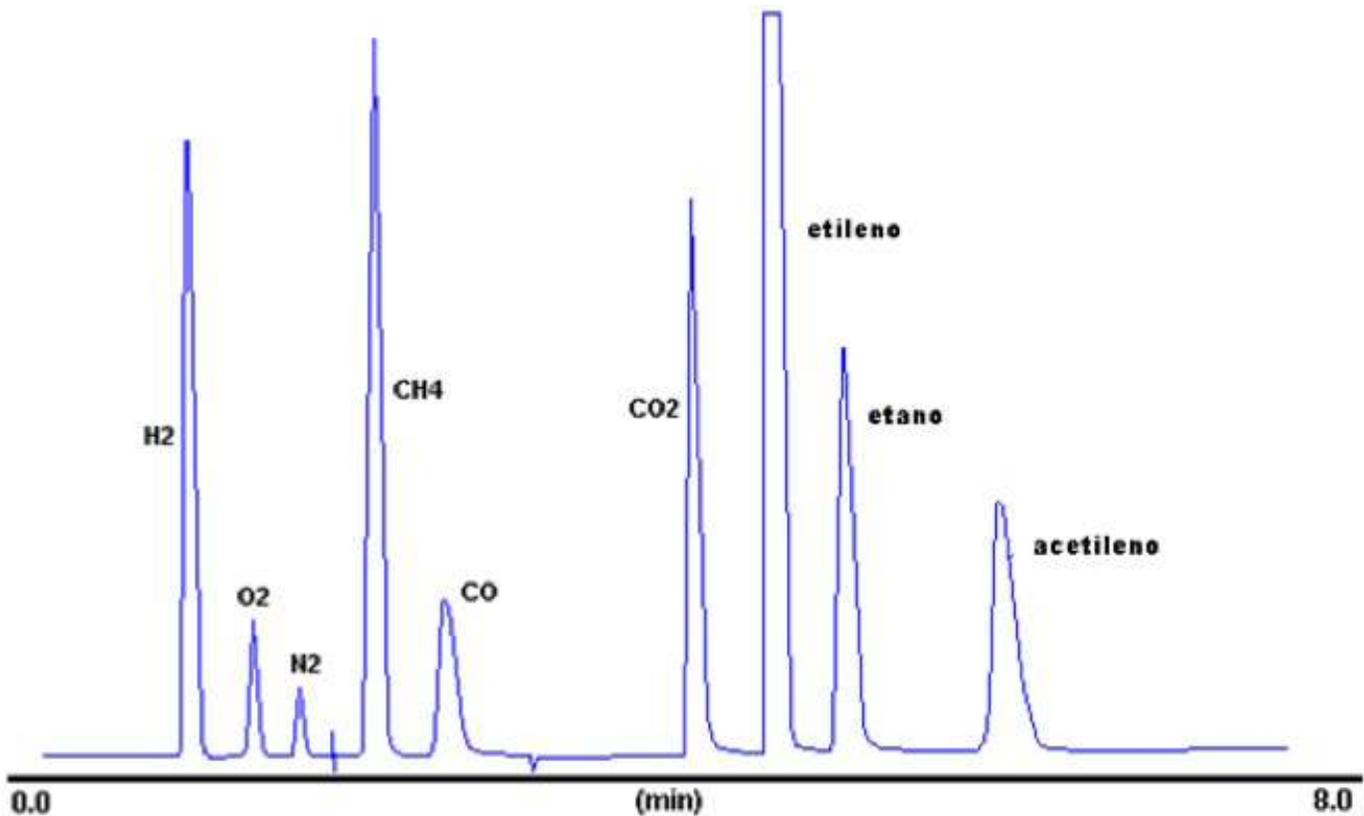
Para ello, debe estar bien organizado y tener una planificación de los mantenimientos predictivos a ser realizados periódicamente. En el caso de equipos eléctricos, el diagnóstico obtenido a partir de la cromatografía gaseosa permite que el técnico o técnica tenga una visión detallada de los equipos por los cuales es responsable.

Con estas informaciones, él o ella puede tomar decisiones a tiempo, para prevenir accidentes de trabajo, fallas en los equipos y pérdidas en la producción oriundas de paradas no programadas.

Es importante resaltar que la persona responsable de los análisis debe ser entrenada en procedimientos de muestreo y análisis e interpretación estadística de los datos recolectados, que debe ser basada en la NBR 7274.

Se destaca, también, la imprescindibilidad de la creación de un banco de datos organizado conteniendo los informes de los análisis. No se controla lo que no se monitorea. Y para un efectivo monitoreo, se debe cuantificar lo que se pretende controlar.

Así, para el efectivo control de costos y uso racional de los recursos empleados en la industria, es esencial que las informaciones sean fácilmente localizables y estén presentadas de manera clara para consultas posteriores.



Gráfica 1. Elaborada por el autor

Datos del autor

**Prof. Tarcisio Baroni**  
 Brasil  
*Director Técnico de Tribología*  
**Empresa:** ALS Global  
 tarcisio.baroni@alsglobal.com

Especialista en monitoreo de máquinas, gestión de mantenimiento, análisis de sistemas, instrumentación industrial y control de procesos y automatización industrial. Pionero de la técnica de ferografía en Brasil. Profesor de posgrado de Ingeniería de Mantenimiento, investigador de accidentes aeronáuticos y consultor en el área de Tribología. Fundador de Tribolab, actual ALS Tribology Brazil. Director Técnico Latinoamericano de Tribología en ALS.



E&M Solutions International, S.A.

EMS te brinda lo que quieres para  
tu empresa en mantenimiento  
y gestión de activos.



Foto:  
©Hanami Sohn

## Y ahora canaliza tus necesidades desde **Panamá**

En nuestras nuevas oficinas recreamos y desarrollamos los planes de mantenimiento para toda centroamérica y el Caribe. Con el respaldo de una larga experiencia y el empuje de sus profesionales, EMS se consolida como la opción perfecta para el cuidado de tus activos físicos.

EMS soluciones especializadas de Ingeniería y Gestión de Activos, ahora en Panamá.

Ubicados en: Torre de Las Américas, Torre B, Piso 15, Punta Pacífica, Panamá.

Contáctanos:

E&M Solutions

@eym\_solutions

[www.eymsolutions.com](http://www.eymsolutions.com)

[corporatepanama@eymsolution.com](mailto:corporatepanama@eymsolution.com)



# Productividad laboral en actividades de mantenimiento

Es importante tener un equilibrio entre la producción y la mano de obra ocupada para lograr el cumplimiento de las metas establecidas.

Jhon Alexander Narváez Salazar

Colombia

Ingeniero Electromecánico

Empresa: Ecopetrol S.A

jhon.narvaez79@gmail.com

La productividad laboral ha sido estudiada por diferentes sectores empresariales. Actualmente, los niveles de competitividad son más exigentes que en otras épocas, por lo tanto, las competencias y los resultados de las personas son focos estratégicos para el cumplimiento de metas definidas. Esto toma más relevancia en procesos en los que la intervención humana, tiene una alta participación, como es el caso del proceso de mantenimiento. «El recurso humano es el más importante, ya que solo a través de este es posible llevar a cabo el trabajo, que, finalmente, representa la administración dentro del sistema». (Arboleda, 2014, pág. 28).

La productividad laboral es una relación entre la producción y la mano de obra ocupada, y refleja qué tan bien se está utilizando dicha mano de obra en el proceso productivo. Además, permite estudiar las variaciones en el desarrollo del trabajo, en la movilidad ocupacional, en proyección de requerimientos futuros de mano de obra, evaluar el comportamiento de los costos laborales, comparar entre diversos actores los avances de productividad. (Monzón, 2009, pág. 9).

El objetivo de cualquier empresa o proyecto es ubicarse en el cuadrante de alta eficiencia y alta efectividad, ya que solamente en dicha posición es posible lograr una elevada productividad (Serpell, 1993, pág. 29). La figura # 1 indica la relación entre eficiencia (utilización de los recursos), efectividad (cumplimiento) o logro de las metas deseadas.

## Gestión de la productividad en actividades de mantenimiento

La gestión de la productividad está directamente relacionada con la gestión del mejoramiento de los procesos desde el punto de vista de la eficiencia en el uso de los recursos. En este sentido, un proceso consiste en una función del negocio que hace uso de recursos físicos y de trabajo (humanos), que son empleados en



Figura 1. Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.

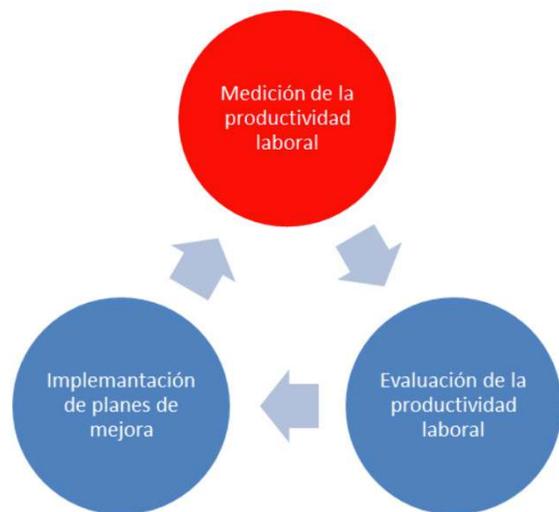
Fuente: *Elaboración propia adaptada de «Diferencia entre eficacia y eficiencia», por Riquelme, 2017.*

la producción de un artículo de consumo o un servicio. Ambos factores, recursos físicos y recursos humanos, se consumen y deben ser determinados de forma cuantitativa, lo que brinda los elementos conceptuales necesarios para obtener indicadores sobre el funcionamiento, la fluidez, la eficiencia, la calidad y otras variables cualitativas y cuantitativas acerca del producto.

Esto concuerda con el llamado ciclo PHVA, que no es otra cosa que la aplicación de la medición del funcionamiento del proceso mismo para obtener elementos que permitan juzgar y mejorar el funcionamiento del proceso en un ciclo infinito. La gestión de la productividad laboral hace parte



del ciclo inmediatamente descrito, pero está restringida a la forma en que el recurso humano o trabajo se emplea en la generación de los productos o servicios (Figura 2).



**Figura 2.** Ciclo de mejoramiento de la productividad laboral.  
Fuente: *Elaboración propia.*

## Mediciones de la productividad laboral

En el actual mercado, permanecer competitivo es cuestión de supervivencia empresarial. (Drucker, 2002). Para lograr resultados sostenibles se necesita asegurar las operaciones con altos estándares de eficiencia y productividad. Una de las formas de lograrlo es monitorear la productividad laboral y minimizar los tiempos perdidos.

La medición de productividad laboral utiliza mecanismos de seguimiento a la mano de obra. Para ejercer un

control eficaz sobre las actividades de mantenimiento es indispensable medir el trabajo. La medición de productividad puede ser aplicada por la administración para determinar el rendimiento de sus empleados, no solamente en las operaciones productivas, sino también en ingeniería, oficinas técnicas y las tareas de administración (Otis, 1976).

Para obtener los tiempos productivos es necesario la medición del trabajo, lo cual está definido como «la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida». (OIT, 1998).

En la literatura se lee que los métodos de medición del trabajo utilizados en el área de mantenimiento son expuestos y clasificados en cuatro categorías por W. Schwartzkopf, en su libro *Calculating lost labor Productivity in construction claims* (Schawartzkopf, 2004).

### a. Método directo

- Porcentaje de trabajo terminado.
- Cantidad física de trabajo terminado.

### b. Método de cuestionarios

### c. Método del valor ganado

- Valor planeado.
- Valor ganado.
- Costo real.

### d. Método de muestras de trabajo

- Trabajo productivo.
- Trabajo contributivo.
- Trabajo no contributivo.

## Evaluación de la productividad laboral

La eficiencia en la productividad laboral puede variar en un rango amplio, que va desde 0 %, cuando no es realizada ninguna actividad, hasta 100 %, cuando se presenta la máxima eficiencia posible. (Botero, 2002).

**Tabla 1.** Evaluación de la productividad laboral

Fuente: *Elaboración propia adaptada de Page, J. Estimator's Piping Man-hour. 1999, pág. 7. Houston; Butterworth-Heinemann.*

Eficiencia en la productividad	Rango en porcentaje
Muy baja	10 % a 40 %
Baja	41 % a 60 %
Promedio o normal	61 % a 80 %
Muy buena	81 % a 90 %
Excelente	91 % a 100 %

Es considerado como normal o promedio «el rango de eficiencia comprendido entre el 61 % y el 80 %, por lo tanto, se puede definir como el 70 % el valor normal de productividad» (Botero, 2002, pág. 11), valor este que puede ser influido positiva o negativamente por diferentes factores.

El Overall Craft Effectiveness es un concepto bastante nuevo, usado para medir y evaluar productividad laboral; con esta metodología, las primeras medidas de tiempo de llave en mano en algunas organizaciones típicamente están entre el treinta y el cuarenta por ciento. Con el plan de medición y mejora continua se puede llegar hasta a valores por encima del sesenta por ciento, lo cual representa un valor alto para un nivel de productividad. El rango de valores del OCE mostrados en la tabla 2 representa combinaciones para los valores alto, medio y bajo del OCE (Peters, 2003).

**Tabla 2.** Valores de Overall Craft Effectiveness (OCE.)

Fuente: *Peters, R. Measuring Overall Craft Effectiveness. The Maintenance Excellence Institute International: 2003.*

Range of OCE Elements Values			
OCE Elements	Low	Medium	High
1. Craft utilization	30 %	50 %	70 %
2. Craft Performance	>80 %	90 %	95 %
Craft Service Level	>90 %	95 %	98 %
The OCE Factor	22 %	43 %	65 %

## Implementación de planes de mejora

Esta fase consiste en la implementación de planes de mejora, con seguimiento permanente para evaluar la eficacia y los resultados obtenidos, los cuales son definidos en la etapa de evaluación y control (Hernández & Mejía, 2007).

Mejorar la productividad es mejorar el desempeño de los procesos. La implementación de una estrategia de mejoramiento debe tener como base los siguientes propósitos:

- Mejorar el desempeño del proceso identificado, definiendo sus tareas y actividades (efectividad).
- Mejorar el aprovechamiento de los recursos activos del proceso – mano de obra y equipos (eficiencia).
- Mejorar la calidad del proceso, procurando que su resultado agregue valor (eficiencia).
- Mejorar las condiciones laborales para incentivar la productividad de las cuadrillas de trabajo.
- Mejorar las habilidades y condiciones para aprovechar la curva de aprendizaje.
- Mejorar las condiciones laborales para incrementar la seguridad en el desarrollo de las tareas.



La implementación de un plan de mejora contempla las siguientes etapas: planeación, seguimiento y medición, control y evaluación (Hernández & Mejía, 2007, págs. 47-48).

Según sostiene Barrera (2017), el plan de mejora es la razón de ser y, a la vez, el efecto más importante del proceso de evaluación, ya que es un medio para elevar la calidad, una herramienta para mejorar la gestión y un mecanismo para garantizar la mejora continua. Los pasos para llevar a cabo un plan de mejora son los siguientes:

- ✓ Identificar el área de mejora.
- ✓ Detectar las principales causas del problema.
- ✓ Formular el objetivo.
- ✓ Seleccionar las acciones de mejora.
- ✓ Realizar una planificación.
- ✓ Llevar a cabo un seguimiento.



#### Datos del autor

Jhon Alexander Narváez Salazar  
Colombia  
*Ingeniero Electromecánico*  
Empresa: Ecopetrol S.A  
jhon.narvaez79@gmail.com

Maestría en Administración, Especialización en Evaluación y gerencia de proyectos, diplomado en Gestión de activos, diplomado en Confiabilidad, academia de SAP.  
Profesional con más de 16 años de experiencia en la industria de O & G y petroquímica en gestión de activos industriales y procesos de mejora continua. Con habilidades técnicas, humanistas y conceptuales para promover y liderar la gestión del cambio en busca de generar valor empresarial basado en el trabajo colaborativo y las relaciones a largo plazo.

## Conclusiones

**La productividad laboral debe ser un foco importante en la gestión de mantenimiento, más aún cuando son procesos intensivos en horas hombre; el recurso humano es el más importante, ya que solo a través de este es posible llevar a cabo el trabajo, que, finalmente, representa la administración en el sistema.**

**La productividad laboral se debe abordar desde un punto de vista integral en toda la organización, mediante un modelo de gestión, con el objetivo de asegurar la participación de todas las áreas involucradas y no en esfuerzos aislados.**

**Medir, evaluar y mejorar la productividad laboral debe ser uno de los componentes principales para la mejora continua en la gestión de mantenimiento porque permite maximizar el aprovechamiento del talento humano, enfocado a actividades que generan valor.**

## Referencias

- Arboleda, S. (2014). *Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Botero, L. F. (2002). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de la construcción*. Revista Universitaria EAFIT, 10-22.
- Drucker, P. (2002). *La Gerencia en la sociedad futura*. New York: St Martin's Press.
- Hernández, T., & Mejía, G. (2007). *Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimiento de mano de obra*. Revista de la Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas UIS, 45-59.
- Monzón, R. (2009). *Estimación de pérdidas de productividad laboral en compensación de costos en un proyecto de construcción de la provincia de Llanquihue*. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Recuperado el 30 de mayo de 2019, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcim816e/doc/bmfcim816e.pdf>
- Otis, O. (1976). *Industrial work standar and productivity*. Industrial Management, 18.
- Page, J. S. (1999). *Estimator's Piping Man-hour Manual (5th Ed ed.)*. Houston, United States of America: Butterworth-Heinemann.
- Peters, R. (2003). *Measuring Overall Craft Effectiveness*. Recuperado el 30 de mayo de 2019, de The Maintenance Excellence Institute International: <https://www.plant-maintenance.com/articles/OCE2.pdf>
- Riquelme, M. (2017). *Diferencia entre eficacia y eficiencia*. Obtenido de Web y empresas: <https://www.webyempresas.com/diferencia-entre-eficacia-y-eficiencia/>
- Schwartzkopf, W. (2004). *Calculating lost labor productivity in construction claims*. EE. UU: Aspaen publishers.
- Serpell, A. (1993). *Administración de operaciones de construcción*. Alfaomega.



**INGENIERÍA**  
**GESTIÓN DE ACTIVOS**  
**CONFIABILIDAD**  
**MONITOREO DE CONDICIÓN**



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

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

**[www.sim-sl.com](http://www.sim-sl.com)**  
+34 914 185 070  
+34 917 577 400  
**[info@sim-sl.com](mailto:info@sim-sl.com)**

# Modelo de confiabilidad con metodología RAM para un sistema de bombeo de agua de inyección

Ejemplo de aplicabilidad de la metodología RAM Reliability-Availability-Maintainability en un sistema de bombeo para inyección de agua en el proceso de recuperación secundaria de hidrocarburos.



Francisco Javier Buitrago

Colombia

*MSc. En Gestión de integridad y corrosión*

ingfranciscobuitrago@gmail.com

## Resumen

El siguiente trabajo presenta la aplicabilidad de la metodología RAM (Reliability, Availability, Maintainability) para un sistema de bombeo de agua de inyección para recuperación secundaria de hidrocarburos, con información y data recolectada a partir de históricos de mantenimiento de plantas, criterios de expertos y bases de datos de falla de activos para la industria offshore OREDA®. El modelamiento a realizar tiene como fin desarrollar una metodología para solucionar problemas de pérdidas de contención de fluidos peligrosos/inflamables que puedan generar fatalidades o producir impactos ambientales negativos, altos costos de mantenimiento, pérdidas por lucro cesante, entre otros. Con este proyecto se espera llegar a un conocimiento profundo de metodologías de confiabilidad para integridad de activos.

## I. Introducción

La confiabilidad ha sido en los últimos años una herramienta útil para la gestión de integridad de activos en plantas industriales. Su importancia radica en el análisis detallado de las fallas potenciales del sistema, operatividad y tiempos de reparación en sistemas simples o complejos para, a partir de este modelamiento, soportar la toma de decisiones de mantenimiento e inspección, en términos de tareas de mantenimiento buscando mitigar las potenciales fallas analizadas, frecuencias de tareas de mantenimiento con ayuda de las gráficas de confiabilidad y determinación de la confiabilidad tolerable para el sistema; por último, duración de las tareas de mantenimiento, gracias a la información graficada del indicador RAM, mantenibilidad teniendo en cuenta las metas de mantenimiento de las compañías.



Palabras clave: Confiabilidad,  
Mantenimiento, Disponibilidad,  
Sistemas de bombeo de inyección.



El objetivo principal del proyecto es establecer y desarrollar una metodología clara y práctica del análisis RAM, usando como ejemplo su aplicabilidad a un sistema de bombeo de inyección para recuperación secundaria de crudo, para alcanzar este propósito es necesario realizar un análisis de modos de falla y criticidad, consecuencias de desviaciones de proceso o cualquier otra técnica de evaluación de riesgos que ayude a observar el comportamiento de los equipos del sistema, también es necesaria una recolección de información de históricos de mantenimiento, criterio del personal de la planta y bases de datos de confiabilidad del tipo de sistema a estudiar.

## II. Recuperación secundaria de crudo

La recuperación secundaria es toda actividad encaminada a una recuperación de hidrocarburos adicional a la que se obtendría con la energía propia del yacimiento, impartiendo al yacimiento una energía externa, cualquiera que sea. Continuamente, esta energía se imparte al yacimiento ya sea en forma mecánica o calorífica: la energía en forma mecánica se suministra al yacimiento cuando se inyectan a éste fluidos líquidos o gaseosos que desplazarán al aceite remanente en el yacimiento.

La energía en forma calorífica se imparte al yacimiento cuando se inyecta a este vapor de agua o cuando se desarrolla una combustión en el seno de la roca. Existe, además, el concepto de calentamiento en el fondo del pozo, que en el

**El académico estadounidense y referente mundial en innovación disruptiva, Christensen, subraya que uno de los desafíos es definir el propósito mayor de las personas u organizaciones.**

aspecto en que afecta al yacimiento en su recuperación, se pueden analizar sus efectos en la recuperación secundaria. Tradicionalmente, en sus orígenes, desde fines del siglo pasado y principios del presente, al agotarse la energía propia de los yacimientos y disminuir consecuentemente la producción hasta hacerse incostruible o poco atractiva, se acudió a inyectar: aire, gas natural o agua para mantener la presión y aumentar la producción, así como la recuperación final de los hidrocarburos. Loreto, 1976.

## III. Análisis RAM

El análisis RAM es una técnica de análisis que cuantifica la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de un sistema complejo. Esta herramienta utiliza información sobre fallas de componentes de sistemas para generar distribuciones de probabilidad que el mismo puede tomar durante su funcionamiento. Caña, 2006.



### Confiabilidad

Es la propiedad de un sistema (elemento, componente o parte) de cumplir las funciones previstas para él, manteniendo su capacidad de trabajo bajo los regímenes y condiciones de explotación prescritos y durante el intervalo de tiempo requerido. De igual manera representa la probabilidad de que un equipo o sistema, funcione sin fallas durante un período de tiempo bajo condiciones normales. Es decir, la capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas. Mora, 2011.



### Disponibilidad

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir de manera continua. Mora, 2011.



### Mantenibilidad

Es la propiedad que tiene un sistema en ser restaurado después de haber ocurrido una falla. Esto representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restaurarlo una vez se ha presentado una falla.

Se dice que un sistema es mantenible cuando el esfuerzo asociado a su restauración es bajo, esto implica que la probabilidad de que un sistema sea restituido a sus condiciones de operación normal es alta. En caso contrario, cuando los esfuerzos asociados a la restitución del sistema son altos, se define que el sistema tiene baja mantenibilidad, o sea, que la probabilidad es baja. Mora, 2011.

“ La metodología descrita permitirá adaptar este método a todo tipo de sistemas e industrias, conseguir resultados positivos en términos de mantenimiento y posterior a la implementación, resultados financieros”.



#### IV. Técnicas de evaluación de riesgo

Las técnicas de análisis de riesgo son empleadas en la búsqueda y evaluación de escenarios que pueden representar un impacto adverso para una instalación o planta de proceso, identificando los escenarios de mayor riesgo y emitiendo acciones de recomendación tendientes a minimizar el mismo. El principio de cualquier estudio de riesgo está basado en encontrar respuesta a tres interrogantes: 1) ¿Qué puede salir mal? 2) ¿Qué tan frecuente es? y 3) ¿Cuáles son sus efectos?

#### FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis)

Dentro de las mencionadas metodologías de identificación de peligros, el Análisis de Modos de Falla y Efectos, AMFE (FMEA, por sus siglas en inglés), en combinación con una calificación o jerarquización del grado de criticidad del riesgo, nos permite lograr un entendimiento global del sistema, así como del funcionamiento y la forma en la que pueden presentarse las fallas de los equipos que componen este sistema. Las acciones de recomendaciones derivadas de un FMECA o AMFEC quedan definidas como acciones o tareas de mantenimiento. AGUILAR. Et al, 2010.

Existen diversas versiones para esta metodología, para el sistema de bombeo de inyección se realiza de acuerdo a las siguientes actividades:

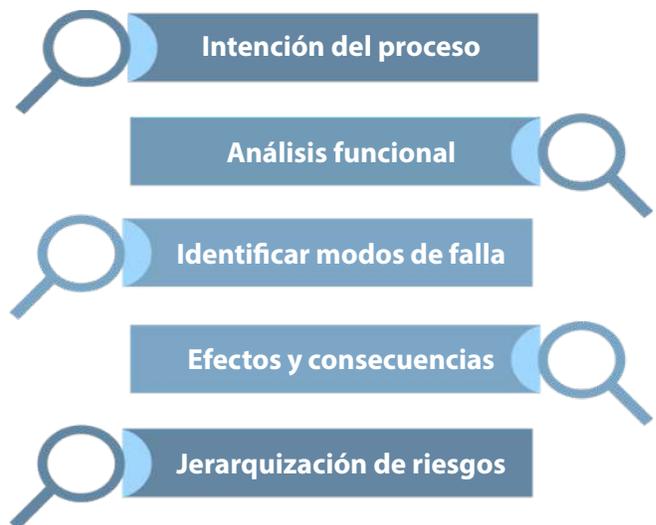


Figura 1. Proceso FMECA. Fuente: El autor

#### V. Supuestos del modelamiento del sistema

**Operación.** Filosofía de operación de las bombas en paralelo es: 4 operando + 1 Standby (5 x 25%) tanto para las Bombas Booster como para las Bombas Principales. Todas las bombas son accionadas mediante motores eléctricos y las principales tienen VFD. El tiempo de entrada en operación (switch on)

de las bombas en Standby (tanto Booster como principales) es de 15 minutos (0.25 horas), esto teniendo en cuenta que su alineación, a diferencia del proceso de arranque inicial que implica el llenado de la red de líneas de agua de inyección, es rápida, pues al contar con contrapresión desarrollada su arranque se puede llevar a cabo de manera rápida. La disposición de bombas en paralelo fue definida en busca de dotar al sistema de una adecuada disponibilidad y confiabilidad, lo cual se verifica mediante este estudio.

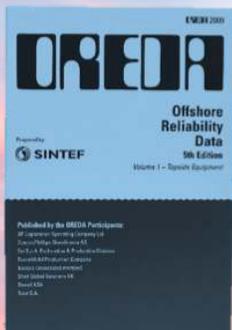
**Fallas.** Dado que el sistema bajo estudio es totalmente nuevo, no se dispone de información personalizada en lo referente a sus parámetros de falla. Caso en el cual una opción aceptable es la utilización de parámetros referenciales de la industria para este mismo tipo de equipos, por lo cual se recurrió a la

base de datos OREDA®, donde se indican dichos parámetros de falla para bombas de sistemas de inyección de agua del tipo centrífuga y, tomando en cuenta la naturaleza de dicha base de datos (offshore), se considera que esta información se ajusta adecuadamente para el caso particular dada la semejanza que puede existir entre las aguas, conocido su contenido de cloruros y, por ende, materiales.

**Diagrama de bloques de confiabilidad.** El diagrama de bloques de confiabilidad (Figura 2) se diseñó con base a las conexiones lógicas del diagrama de proceso, se cuenta con una configuración en serie del tanque de almacenamiento, bombas Booster y principales, dentro de cada subsistema se cuenta con (5) equipos en paralelo de los cuales (1) se encuentra en Standby.

**Tabla 1.** Tasas de fallas y reparaciones. *Fuente: OREDA®.*

EQUIPO	MODELO DE FALLA	MTTF (hora/fall)	MTTR (horas)
Tanque de almacenamiento de agua	Total critical	147929	14,3
Bombas Booster y Principales centrífugas	Total critical	7126	36,6
Motores eléctricos (Bombas)	Total critical	36245	52,2
Variable Frequency Drive	Total critical	69204	22,7



“ El objetivo principal de OREDA® es recolectar e intercambiar datos de confiabilidad entre las compañías participantes y actuar como un foro para coordinar y gestionar la recolección de datos de confiabilidad”.

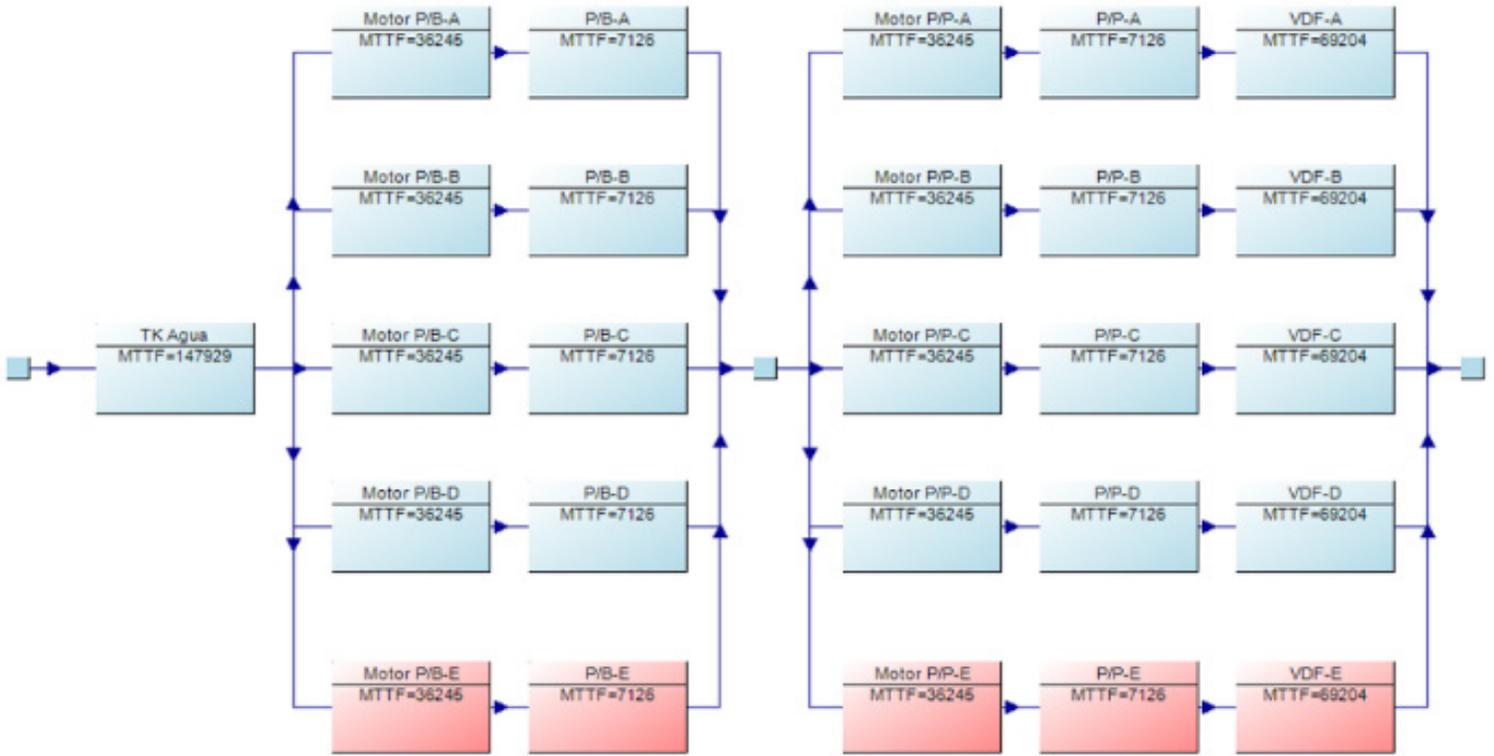


Figura 2. Diagrama de bloques de confiabilidad. Fuente: Availability Workbench®

## VI. Resultados y análisis

La Figura 3 muestra los resultados de confiabilidad para diferentes tiempos por subsistemas, de acuerdo a la gráfica tomando como punto de comparación un tiempo  $t=1$  año, la confiabilidad del subsistema SS1-tanque de almacenamiento es (94,25%) siendo la confiabilidad más alta de los subsistemas, la confiabilidad del subsistema SS2-bombas Booster es (72,48%), la confiabilidad del subsistema SS3-bombas principales es (67,72%).

Por último, el sistema global SYS obtuvo un valor de confiabilidad del (46,52%) debido a la configuración en serie de los subsistemas, la confiabilidad del sistema será más baja que la de los subsistemas. De acuerdo a esto, los subsistemas SS1 y SS2 serán los subsistemas a los que mayores esfuerzos y recursos de mantenimiento se asignarán, aumentando la confiabilidad de estos subsistemas se aumentará la confiabilidad global, de acuerdo a la gráfica, se infiere también que algunas de las tareas de mantenimiento se ejecutarán a frecuencias menores o iguales a 1 año, este tiempo, de acuerdo a la gráfica, es donde la confiabilidad desciende hasta llegar a valores menores del 50%, que podrían ser inaceptables debido a las consecuencias económicas en el caso de una falla.



RAM: herramienta útil para determinación de frecuencias y duración de tareas de mantenimiento.



Figura 3. Confiabilidad por subsistemas para  $t=8760$  h. Fuente: El autor

La Figura 4 muestra el ranking de criticidad de los componentes como porcentaje con respecto al costo total de la vida útil del sistema, teniendo en cuenta las consecuencias económicas de la no inyección de agua de producción y posterior costo de disposición final de aguas tratadas contaminadas con oxígeno, estos costos son atribuidos a la falta de disponibilidad del sistema. Las bombas Booster y principales contribuyen al costo final en valores aproximados a un (6,86%), el componente más crítico por atribuir al costo final (22,24%) es el tanque de almacenamiento, debido a los costos de mantenimiento (parada en el proceso), en ese momento la disponibilidad disminuye significativamente por lo que aumentan los costos debido a la falta de inyección de agua para producción. Los demás componentes tienen contribuciones muy bajas al costo final con valores tolerables y coherentes con este tipo de procesos, menores al 4% por componente. De acuerdo a esta gráfica, se debe tener como prioridad el tanque de almacenamiento con el fin de disminuir los costos asociados a la pérdida de disponibilidad.



Figura 4. Mantenibilidad por subsistemas a diferentes tiempos.  
Fuente: El autor

La Figura 5 muestra la mantenibilidad de los subsistemas para diferentes tiempos, los valores más altos de mantenibilidad se reportan en el subsistema-SS1 tanque de almacenamiento (93,90%), debido a que el principal modo de falla son las lecturas anormales de instrumentación, los valores del subsistema de bombas Booster presenta una mantenibilidad del (88,91%), los valores de mantenibilidad para las bombas principales del subsistema SS3 es (82,55%), por otra parte, la mantenibilidad del sistema para un tiempo de 40 horas fue (68,92%). De acuerdo a la gráfica se deben aumentar los esfuerzos de mantenimiento en los subsistemas de bombas Booster y principales, aunque para el tiempo analizado los subsistemas presentan valores de mantenibilidad aceptables, la mantenibilidad del sistema global presenta valores por debajo del 70%, con los datos obtenidos del modelamiento de mantenibilidad se puede realizar un análisis costo-beneficio del tiempo de reparaciones por componentes de acuerdo al análisis de criticidad, con el fin de aumentar la mantenibilidad de estos subsistemas lo que conllevaría a mejorar la mantenibilidad del sistema global.

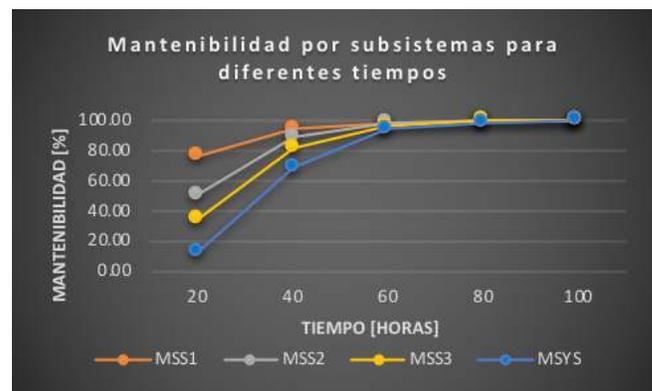


Figura 5. Mantenibilidad por subsistemas a diferentes tiempos.  
Fuente: El autor

Tabla 2. Análisis funcional (ejemplo).

ANÁLISIS FUNCIONAL			
FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES	
1	Suministrar agua tratada a especificación de inyección al tanque de almacenamiento de 10000 Barriles.	1.1	No suministrar agua con especificación de inyección
		1.2	No suministrar el volumen requerido
		1.3	Suministrar más de 10000 Barriles al tanque
2	Contener agua en una capacidad de 10000 Barriles.	2.1	Pérdida de contención del agua tratada
		2.2	Contener menos de 10000 Barriles
		2.3	Exceder el límite de volumen de contención
3	Proporcionar cabeza de succión por gravedad a las bombas Booster P/B-A-B-C-D-E.	3.1	No proporcionar succión a las bombas Booster
4	Bombear agua a 80 psi hacia las bombas principales P/P-A-B-C-D-E.	4.1	No bombear agua hacia las bombas principales
		4.2	Bombear agua a menos de 80 psi
5	Inyectar agua tratada hacia pozos inyectoros con una presión de 2560 psi.	5.1	No inyectar agua a los pozos inyectoros
		5.2	Inyectar agua a una presión menor de 2560 psi
		5.3	Inyectar agua a una presión mayor de 2560 psi

## FMECA

Intención de diseño. El sistema recibe agua tratada desde el paquete de tratamiento de aguas (flotación-filtración) a través de tubería de 6" de diámetro, a un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 10000 barriles, el agua cumple con especificación para inyección como parte del tratamiento para realizar el proceso de inyección, evitando la degradación de la infraestructura y daños en el yacimiento. El tanque de almacenamiento proporciona cabeza hidráulica a las bombas Booster, que tienen una capacidad de 10000 Barriles/día, las cuales trabajan a una presión diferencial de 80 psi y les proporcionan succión a las bombas principales que trabajan a una presión diferencial de 2480 psi con una capacidad de 10000 barriles/día. El fluido bombeado

se inyecta a los pozos inyectoros a través de líneas de 8".

**Análisis funcional.** En esta etapa se realiza un análisis de las funciones del sistema de bombeo, se elige la función principal y funciones secundarias sin ser estas menos importantes. En este caso, la función principal es igual a la función secundaria final.

**Identificación de modos de falla.** A partir de las funciones identificadas en el proceso anterior se determinan las fallas funcionales asociadas a cada función del sistema, las fallas funcionales deben determinarse de manera coherente con el análisis requerido. Además, se realiza la identificación de los modos de falla para cada falla funcional como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Identificación de modos de falla (ejemplo).

FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA
1.1	No suministrar agua con especificación de inyección	1.1.1 Lecturas anormales en los medidores de nivel de equipos aguas arriba, liberación de aguas fuera de especificación hacia el tanque de almacenamiento.
		1.1.2 Pérdida de la capacidad filtrante por saturación de los filtros y por ende proceso de filtración fuera de especificación.
		1.1.3 Lecturas incorrectas de los medidores de nivel de los tanques de desnatado y liberación de aceite hacia el tanque de almacenamiento.
1.2	No suministrar el volumen requerido	1.2.1 Falla por pérdida de contención en los equipos y líneas aguas arriba por mecanismos de degradación por corrosión.
		1.2.2 Daño en la línea de entrada al tanque debido a mecanismos de degradación por corrosión.
1.3	Suministrar más de 10000 barriles al tanque	1.3.1 Lecturas incorrectas instrumentos de medición de nivel.
		1.3.2 Obstrucción de la línea de salida por incrustaciones.

**Efectos y consecuencias de fallas.** Los modos de falla determinados en la etapa anterior se analizan para definir cuáles serían los efectos y consecuencias en caso de materializarse el modo de falla, los efectos y consecuencias definidos para el estudio se muestran de manera parcial en la Tabla 4.

**Jerarquización del riesgo.** Para la jerarquización de los modos de falla se evaluó numéricamente de la siguiente manera: Para frecuencias de los modos de falla (Remota:

1, Baja: 2, Media: 3, Alta: 4) y para consecuencias de falla (Menor: 1, Moderada: 2, Grave: 3, Catastrófica: 4).

Después de obtener los valores numéricos se evaluaron en la matriz de riesgos definida para el estudio, según como se muestra en la Tabla 5. Con ayuda de estos valores se genera un ranking de criticidad como se muestra en la Figura 6, de esta manera se definirán las tareas de mitigación y prevención de riesgos para los modos de falla más críticos del sistema.

**Tabla 4.** Efectos y causas de falla (ejemplo).

MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA	CONSECUENCIAS DE FALLA
1.1.1	Consecuencias a la pérdida de integridad de tanque, líneas y yacimiento. Costos propios de mantenimiento.	Se requiere parada para verificar las condiciones de tanques y líneas. Toma de muestras.
1.1.2	Consecuencias a la pérdida de integridad de tanque, líneas y yacimiento. Costos propios de mantenimiento.	Se requiere parada para verificar las condiciones de tanques y líneas. Toma de muestras.
1.1.3	Consecuencias a la pérdida de integridad de tanque, líneas y yacimiento. Costos propios de mantenimiento.	Se requiere parada para verificar las condiciones de tanques y líneas. Toma de muestras.
1.2.1	Consecuencias a la producción equivalentes al tiempo de reparación. Costos propios de mantenimiento. Consecuencias ambientales debido a la parada de tratamiento de aguas.	Disminución de la capacidad de inyección hasta que pare el sistema por falta de cabeza hidráulica.

**Tabla 5.** Jerarquización de riesgos de modos de falla (ejemplo).

MODO DE FALLA	CONSECUENCIAS DE FALLA				
	F	Pe	MA	PR	FxCmáx
1.1.1 Lecturas anormales en los medidores de nivel de equipos aguas arriba, liberación de aguas fuera de especificación hacia el tanque de almacenamiento.	2	1	2	4	8
1.1.2 Pérdida de la capacidad filtrante por saturación de los filtros y por ende proceso de filtración fuera de especificación.	1	1	2	4	4
1.1.3 Lecturas incorrectas de los medidores de nivel de los tanques de desnatado y liberación de aceite hacia el tanque de almacenamiento.	2	1	2	4	8
1.2.1 Falla por pérdida de contención en los equipos y líneas aguas arriba por mecanismos de degradación por corrosión.	3	1	3	3	9
1.2.2 Daño en la línea de entrada al tanque debido a mecanismos de corrosión.	2	1	3	3	6
1.3.1 Lecturas incorrectas instrumentos de medición de nivel	2	1	3	3	6
1.3.2 Obstrucción de la línea de salida por incrustaciones	1	1	3	3	3

A partir de la jerarquización de riesgos de los modos de falla se establecen planes de acción para mitigación y prevención de los riesgos para los modos de falla que se encuentran con criticidad Alta y Media -Alta, para los demás modos de falla se estableció los planes de mantenimiento generales para el sistema de bombeo.

Los modos de falla con criticidad alta se evidenciaron para las consecuencias de producción (negocio), para este tipo de consecuencias se presentaron 7 modos de falla en un riesgo Alto y 33 modos de falla en riesgo Medio-Alto.

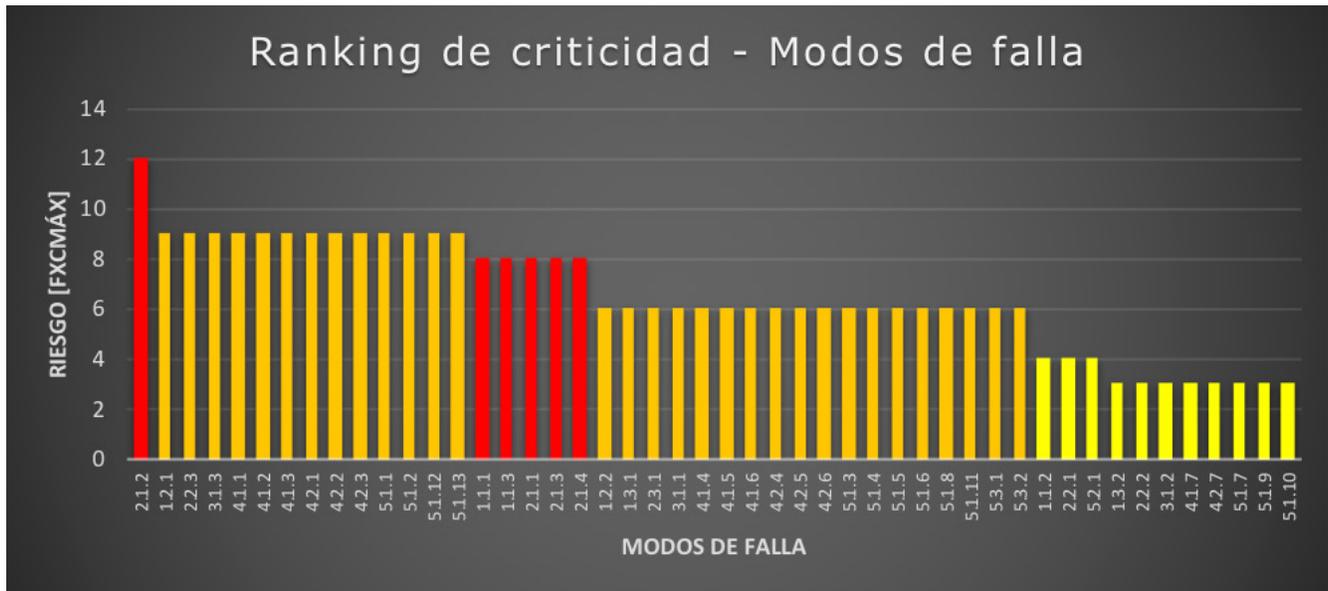


Figura 6. Ranking de criticidad de modos de falla. ■ Riesgo Alto ■ Riesgo Medio-Alto ■ Riesgo Medio. Consecuencias Producción (Negocio). Fuente: El autor

## Recomendaciones generales

**Tratamiento de aguas.** Riesgo Alto. Realizar calibraciones periódicas de los sensores de medición de nivel de los equipos de tratamiento de aguas.

**Almacenamiento de aguas tratadas.** Riesgo Alto. Realizar tareas de inspección bajo API 653 Código de inspección de tanques atmosféricos.

**Almacenamiento de aguas tratadas.** Riesgo Medio-Alto. Realizar tareas de inspección bajo API 570 en tuberías de proceso (línea de entrada al tanque).

**Sistema de bombeo (Booster).** Riesgo Medio-Alto. Realizar mantenimiento preventivo a los componentes del sistema de bombeo (motor-bomba) a través de análisis de vibraciones y termografía para determinar posibles defectos por sobrecalentamiento o ruidos,

verificación de alineación motor-bomba.

**Sistema de bombeo (Principal).** Riesgo Medio-Alto. Realizar mantenimiento preventivo a los componentes del sistema de bombeo (motor-bomba) a través de análisis de vibraciones y termografía para determinar posibles defectos por sobrecalentamiento o ruidos. Verificación de alineación motor-bomba. Realizar inspección visual de los VDF verificando que se encuentren libres de defectos, falsos contactos y suciedad.

**Líneas de inyección.** Riesgo Medio-Alto. Realizar tareas de inspección bajo API 570 (en tubería de interconexión de bombas e inyección). Recoger muestras para analizar fisicoquímicos del agua y ajustar concentraciones de inhibidores de corrosión, secuestrantes de oxígeno, antincrustantes, etc.

## VII. Conclusiones

El modelamiento bajo la metodología RAM permitió calcular valores cuantitativos globales de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, así como los valores específicos para subsistemas, equipos y componentes.

La recolección de la información basándose en criterios de expertos, historiales y bases de datos de falla de confiabilidad de equipos permitió estructurar adecuadamente el modelamiento del sistema y disminuir la incertidumbre para el análisis. Los valores cuantitativos del modelamiento permitieron optimizar planes de mantenimiento; la confiabilidad por equipos y componentes, ayudó a programar las frecuencias más adecuadas y la mantenibilidad permitió asignar la

duración de las tareas de acuerdo a los modos de falla para cada equipo y la tolerancia al riesgo del sistema.

Las técnicas de evaluación de riesgos utilizadas en la metodología permitieron realizar un análisis de los modos de falla más frecuentes para este tipo de sistema y determinar la criticidad por modo de falla, con esto se programaron de manera adecuada tareas de mantenimiento para cada modo de falla crítico.

La jerarquización de los modos de falla del análisis FMECA determinó como críticos: mecanismos de degradación por corrosión en el fondo del tanque de almacenamiento de agua, lecturas anormales en los sensores de nivel del tanque de almacenamiento de agua y deficiencia estructural del tanque de almacenamiento de agua.

### Datos del autor

Francisco Javier Buitrago  
Colombia

MSc. En Gestión de integridad y corrosión  
ingfranciscobuitrago@gmail.com

MSc. En Gestión de integridad y Corrosión, Ingeniero metalúrgico. Experiencia de 3 años como ingeniero de integridad e inspector mecánico en proyectos de aseguramiento de calidad de válvulas y tubería, inspección en servicio de equipos estáticos (vessels and piping) e integridad y mantenimiento de válvulas de proceso y seguridad.

## Referencias

[1] AGUILAR, J. Et al. *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Corporación Mexicana de investigación en materiales. 2010.

[2] API 653. American Petroleum Institute. *Tank inspection, repair, alteration, and reconstruction API 653:2014*.

[3] API 570. American Petroleum Institute. *Piping inspection code*. API 570:2016.

[4] API 574. American Petroleum Institute. *Inspection practices for piping system components API 574:2016*.

[5] BARRINGER, P. *Disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y capacidad (II PARTE)*. 2015.

[6] BASTIDAS, D. *Desarrollo de un software para determinar los índices de mantenibilidad en máquinas y equipos industriales betasystem*. Ecuador. 2008.

[7] CAÑA, A, G. *Análisis RAM de la planta de inyección de agua Resor de Petróleos de Venezuela S.A.* [online]. 2006.

[8] ESPAÑA, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). *Terminología del mantenimiento*. UNE- EN 13306. 2011.

[9] ESPAÑA. PROTECCIÓN CIVIL. *GUÍA TÉCNICA: Métodos cualitativos para el análisis de riesgos*.

[10] ISO 14224. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. ISO 14224:2006.

[11] LORETO M, E. *Apuntes de recuperación secundaria*. Facultad de ingeniería. U.N.A.M. 1976.

[12] MORA GUTIÉRREZ, A. *Mantenimiento - planeación, ejecución y control*. Alfa Omega editores Internacional. Colombia. 2011.

[13] OREDA. *Offshore Reliability data*. 2009.

[14] PETRÓLEOS MEXICANOS. *Estudios de riesgo*. NRF-018-PEMEX-2007.

[15] SEXTO, L. *INGENIERÍA DE FIABILIDAD*. Riobamba, Ecuador. Radical Management. 2014.

[16] SEXTO, L. *Confiabilidad integral del activo*. Seminario internacional de mantenimiento. Perú. 2005.

[17] ZÁRATE, FRAGA, M. *Análisis RAMS*. Universidad Carlos III de Madrid. 2012.



CONFIABILIDAD • ESTRATEGIA • VALOR

México & LATAM: +52-812-091-1133

Caribe: 787-283.7500

[vibra-inc.com](http://vibra-inc.com)





# ANÚNCIATE AQUÍ

Tenemos un espacio para ti

Contáctanos: [contacto@predictiva21.com](mailto:contacto@predictiva21.com)

**PREDICTIVA**21

# La Responsabilidad Social Empresarial (R.S.E) y el Mantenimiento

Cada empresa debe generar compromiso y confianza con el personal, sus familias y la sociedad en general.



**Brau Clemenza**

Venezuela

*Director de la firma de consultoría*

**Empresa:** Logística, Inspección, Proyectos y Construcción C. A (LOINPROC C.A)

brclemenza@hotmail.com

loinproc@gmail.com

www.sistemademantenimiento.com

**V**amos a iniciar este artículo definiendo el significado de Responsabilidad Social Empresarial (R.S.E) como la contribución al desarrollo humano sostenible, a través del compromiso y la confianza de la empresa con sus empleados, las familias de éstos, la sociedad en general, y hacia la comunidad local como un aporte para mejorar el capital social y la calidad de vida de toda la comunidad. Indudablemente, es imposible una definición si no trae consigo objetivos. Para el caso que nos ocupa, el principal de ellos para la R.S.E es que el impacto positivo que causan estas prácticas en la sociedad se traduzca en una mayor competitividad y sostenibilidad para las empresas. Así, -Ser Responsable Socialmente- generará automáticamente más productividad, puesto que una mejora en las condiciones para los trabajadores optimizará también su eficacia.

La responsabilidad social empresarial se focaliza en tres vertientes: cuidado al medio ambiente, las condiciones laborales de sus trabajadores y apoyo a las causas humanitarias. Enfocándonos en las dos primeras, no porque la tercera no sea importante, pues éstas son las que están muy relacionadas con la gestión de los activos.

La Responsabilidad Social Empresarial es una herramienta de ventajas en la calidad de sus trabajadores. Con esta actividad se pueden crear lazos y lograr un buen clima laboral, cosa que es muy importante en la producción y mantenimiento. Si los empleados se sienten a gusto en su trabajo, los resultados serán positivos.

**La RSE puede influenciar positivamente en la competitividad de las empresas de las siguientes formas:**

Mejora de los productos y/o procesos de producción, lo que resulta en una mayor satisfacción y lealtad del cliente; mayor motivación y fidelidad de los trabajadores, lo cual aumenta su creatividad e innovación; mejor imagen

pública, debido a premios y/o a un mayor conocimiento de la empresa en la comunidad, mejor posición en el mercado laboral y mejor interrelación con otros socios empresariales y autoridades. Igualmente, ahorro en costos e incremento de la rentabilidad, debido a la mayor eficiencia en el uso de los recursos humanos y productivos, por listar las más importantes.

Ahora bien, quién es consecuencia de quien, o mejor dicho, la vieja interrogante: ¿Quién fue primero, el huevo o la gallina? Pues la respuesta está en analizar la raíz de la pregunta. ¿Quién contribuye a mejorar a quién? En uno de los artículos que escribí para Predictiva21 comentaba sobre la “Aptitud y la Actitud hacia el Mantenimiento” y posiblemente encontremos allí una respuesta. Partiendo de la afirmación de que si no tenemos una estrecha relación entre la gerencia y el personal que opera y mantiene la planta, así como los que de alguna manera u otra contribuyen directa o indirectamente con la misión primordial de una gerencia moderna y de calidad que es: mejorar los procesos, alargar la vida útil de activos, minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación, aumentar la seguridad y operación, minimizar desperdicios, y sobre todo, una reducción significativa de los costos de producción y mantenimiento, indudablemente sin ello, no tendríamos una Responsabilidad Social Empresarial de calidad. Sin embargo, esto no se logra sin el apoyo total de la alta gerencia y con un individuo incentivado en una organización. Entendamos que la motivación es un resultado y ésta no se logra sin incentivos.

**La Responsabilidad Social Empresarial requiere una relación más estrecha entre la gerencia y el personal que opera y mantiene la planta, así como con quienes contribuyen con la mejora de procesos.**

**Recordemos la teoría de la Pirámide de Jerarquía de Necesidades de Maslow; las personas van escalando hasta que poco a poco son motivables durante un tiempo, entonces se quedan en una posición o siguen subiendo en la pirámide hasta llegar a lo mas alto que es la "Autorrealización". En este sentido, cómo podemos cuidar el ambiente si tenemos equipos que están operando en falla, generando contaminación; o en igual importancia, activos que funcionando inadecuadamente están presentando un riesgo para las personas en plantas y sus alrededores, ocasionando un incremento del Costo Psicológico del cual también escribí en esta revista en artículos anteriores.**

Por último, para quienes nos sentimos involucrados en el tema del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (R.C.M.), recordemos que las criticidades de los activos las basamos en cuatro factores que, obligatoriamente a mi manera de entender, están en este orden: impacto sobre personas, ambiente, activos y por último, producción. Por mi parte, no conozco ninguna otra manera de alcanzar una Responsabilidad Social Empresarial de calidad sino nos centramos en esos cuatro factores y, a su vez, transitando por una estrecha relación totalmente beneficiosa entre una gerencia comprometida con sus clientes, el desarrollo de su personal y éstos, sintiéndose partícipes del éxito de una organización.



**PREDICTIVA21**

---

[contacto@predictiva21.com](mailto:contacto@predictiva21.com)

[www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com)