

# PREDICTIVA21



**“Predictiva21 es una de esas experiencias que nos acompañan de por vida.”**

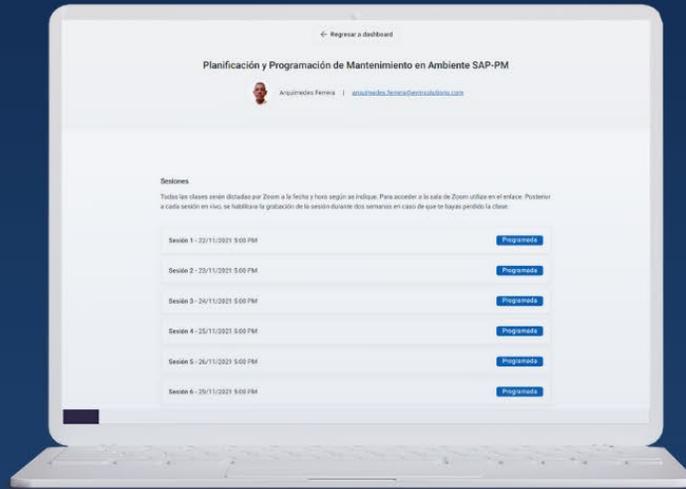
**Alimey Díaz**

**Calculando la cantidad óptima de repuestos de alta rotación**

**Edgar Fuenmayor**

**The Best Technical paper in 15th WCEAM 2021**

**Carlos Parra**



# DIPLOMADO ONLINE EN CONFIABILIDAD

Clases con instructores en vivo  
16 materias en 160 horas

Inicio 01 marzo



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



# Índice

- 3** **Editorial**
- 6** **Entrevista a Predictiva21**  
por Montserrat Souza
- 16** **Una Propuesta de Gestión de Activos Intangibles basada en ISO 55001 e ISO 30401 para Gestión del Conocimiento**  
Carlos Parra, Adrián Balda
- 25** **¿Qué se puede controlar o gestionar con un CMMS?**  
Miguel Viloría
- 28** **Entrevista a Gabriela Mejías**  
por Montserrat Souza
- 32** **Calculando la cantidad óptima de repuestos de alta rotación**  
Edgar Fuenmayor
- 43** **Control de vibraciones en línea: cómo utilizar la tecnología para aumentar la fiabilidad de las máquinas**  
Jean Rosales
- 48** **Entrevista a Carlos Parra**  
por Montserrat Souza
- 53** **Cálculo de frecuencia de muestreo en análisis de aceites y otras tecnologías predictivas**  
José Páramo
- 57** **La Transformación Digital: Su impacto a nivel personal y empresarial**  
Ramón Useche
- 61** **Entrevista a Luisa Valderrama**  
por Montserrat Souza
- 66** **Equivalencia y homologación de lubricantes**  
Gaspar Soto
- 73** **Congreso SEPMAN**  
Reportaje por Carlos Almeida
- 76** **Innovación y crecimiento potencial de la energía renovable desde el mantenimiento. Caso práctico: Minicentrales hidroeléctricas.**  
Francisco Martínez
- 85** **Enfoque basado en procesos; una técnica holística**  
Julia Pérez

# Editorial



**Andrés González**

Editor y CEO de Predictiva21

## El pasado y el futuro

Estoy sumamente agradecido de que la Revista Predictiva21 esté llegando a su cuadragésima edición. Este es un proyecto que mi padre, Enrique González, junto con Alimey Díaz, Miguel Guzmán y un excelente equipo de trabajo, iniciaron hace casi una década. El proyecto ya no está conformado por las mismas personas que lo iniciaron, pero sí por su determinación, su ética y visión.

Es un placer el poderle ofrecer a nuestros lectores tan amplia gama de artículos, y en esta edición encontraremos temas como The Best Technical Paper in 15th WCEAM 2021: Una Propuesta de Gestión de Activos Intangibles basada en ISO 55001 e ISO 30401 para Gestión del Conocimiento, Enfoque basado en procesos, Innovación y crecimiento potencial energía renovable desde el mantenimiento, Equivalencia y Homologación de Lubricantes, Calculando la cantidad óptima de repuestos de alta rotación, Gestión de un CMMS, La Transformación Digital: Su impacto a nivel personal y empresarial.

Contaremos también con la cobertura del evento de SEPMAN y las entrevistas al Gerente de Aula Virtual INGECON: Carlos Parra, la Directora de WIRAM LATAM: Gabriela Mejías y Luisa Fernanda Valderrama: experta en mantenimiento automotriz.

Como cada edición, esperamos que disfruten de la información que hemos preparado con mucho esmero y dedicación. Deseamos que sea un excelente inicio de año para cada uno de ustedes, ¡un fuerte abrazo y los mejores deseos!

### DIRECTORIO

Andrés Enrique  
González Giraldo  
Editor y CEO de Predictiva21  
[andres.gonzalez@predictiva21.com](mailto:andres.gonzalez@predictiva21.com)

Montserrat Souza  
Moreno  
Dirección Editorial  
Coordinadora de Marketing  
[montserrat.souza@predictiva21.com](mailto:montserrat.souza@predictiva21.com)

Israel Granados  
Antonio  
Diseño Editorial  
[israel.granados@predictiva21.com](mailto:israel.granados@predictiva21.com)

Enrique Javier  
González Hernández  
Fundador y Chairman de Predictiva21  
[enrique.gonzalez@predictiva21.com](mailto:enrique.gonzalez@predictiva21.com)

Alejandro José  
Godoy Rodríguez  
Director de Marketing  
[alejandro.godoy@predictiva21.com](mailto:alejandro.godoy@predictiva21.com)

# BUREAU VERITAS

## ANÁLISIS DE ACEITE

ANÁLISIS DE ACEITE | ANÁLISIS DE REFRIGERANTE | ANÁLISIS DE COMBUSTIBLE | ANÁLISIS DE GRASAS | ANÁLISIS DE FLUIDOS DE CORTE | ANÁLISIS DE FLUIDOS DE SISTEMAS HVAC | ANÁLISIS DE ACEITE PARA TRANSFORMADORES

La confiabilidad de las máquinas móviles e industriales comienza con un programa continuo de análisis de aceite. La red mundial de laboratorios de última generación de Bureau Veritas proporciona resultados precisos y fiables en los que puede basar su programa de mantenimiento predictivo. Contacte con nosotros.

LOAMS<sup>SM</sup> - Sistema de gestión de análisis de aceite

lubricante. Nunca ha sido más fácil para los gestores de equipos y el personal de mantenimiento optimizar la productividad utilizando datos de análisis de aceite usado en tiempo real.

### NUESTROS LABORATORIOS:

Los Angeles, CA  
3401 Jack Northrop Avenue  
Hawthorne, CA 90250  
Tel: +1 800-248-7778

Houston, TX  
12715 Royal Drive  
Stafford, TX 77477  
Tel: +1 800-248-7778

Chicago, IL  
2450 Hassell Road  
Hoffman Estates, IL 60169  
Tel: +1 800-424-0099

Atlanta, GA  
3385 Martin Farm Road  
Suwanee, GA 30024  
Tel: +1 800-241-6315

### CONTACTO:

Jorge Alarcon,  
Global Technical Manager OCM  
[jorge.alarcon@bureauveritas.com](mailto:jorge.alarcon@bureauveritas.com)  
[www.oil-testing.com](http://www.oil-testing.com)



BUREAU  
VERITAS

# PREDICTIVA 21



# Llega a la edición número 40, con una entrevista sobre la trayectoria de la revista; **el origen y el futuro.**

**Andrés González** - Predictiva21 es una empresa líder en Difusión, Capacitación y Consultoría en manejo y Gestión Integrada de Activos Físicos en las áreas de Ingeniería y Proyectos, Mantenimiento y Confiabilidad de Instalaciones y Equipos.

Somos una organización fundada en noviembre de 2013 con la finalidad de convertirse en referencia en el sector industrial de habla hispana. Construyendo una red para profesionales de todos los niveles cubriendo el manejo y gestión Integrada de activos

físicos, en las áreas de ingeniería y proyectos, mantenimiento y confiabilidad de instalaciones y equipos. Todo esto mediante nuestra revista, la cual cuenta con 40 ediciones hasta la fecha, incluyendo artículos técnicos, entrevistas y eventos de los personajes más reconocidos en toda LATAM como lo son: Santiago Sotuyo, Lourival Tavares, Terrence O' Halon, John Woodhouse, entre otros.

Acerca de los inicios de la revista, Alimey nos puede contar un poco más de ese proceso.

**CEO y Editor de Predictiva21/  
Cofundador de Predyc**

# Alimey Díaz

Se me ocurrió el nombre de Predictiva21 un día de julio del año 2013. Su editor y CEO, Enrique González, me había contactado meses antes para crear el proyecto, pero yo había estado ocupada con otros compromisos profesionales y no pude atender su solicitud en principio. Pero recuerdo haber recibido una nueva llamada, invitándome a darle forma a un proyecto editorial sobre (nada más y nada menos) Ingeniería de Mantenimiento.

Yo no tenía ni idea. Había creado otras dos revistas con anterioridad, sabía perfectamente cómo crear un producto editorial, era mi oficio desde hacía ya diez años. Pero en este caso, por tratarse de un tema tan específico y del cual no conocía absolutamente nada, no me resultaba tan sencillo abordarlo.

Había pasado varios años de mi carrera periodística escribiendo sobre tecnología y petróleo para varias empresas, pero nunca nada como ingeniería de mantenimiento, mucho menos mantenimiento predictivo y gestión de activos, un par de conceptos que flotaban en mi mente sin forma, como una nebulosa inasible a la que no sabía por dónde entrarle. Como periodista hago preguntas, como escritora me hago imágenes mentales que luego transformo en palabras. Con gestión de activos estaba completamente en blanco, para mi más profunda desesperación. No obstante, mostrando una valentía que no sentía en lo

absoluto me presenté en la oficina de Enrique González y acepté crear el proyecto que desde hace rato él tenía en mente. Enrique me presentó a varias personas de la oficina en donde funciona E&M Solutions, propietaria de Predictiva21. Me llevó a la sección de Ingeniería y me presentó a varios profesionales que laboraban allí.

**Admito que siento un respeto reverencial por los ingenieros,** y me refiero a todos los ingenieros, desde los ingenieros en genética, software o sonido, hasta los que laboran en la industria metalmeccánica o las plataformas marinas de perforación (salté de alegría cuando mi propio hijo me dijo a los siete años que quería ser ingeniero). **Tengo la vaga idea de que son los que mantienen al mundo compacto y girando sobre su eje. Y tal vez así sea.**

Lo cierto es que me senté en un escritorio alargado de color gris pálido que me asignaron en mi primer día de trabajo, saqué mi laptop y me quedé mirando la pantalla apagada. ¿Cómo rayos voy a hacer esto? -Fue mi primer pensamiento. El segundo pensamiento fue: ¡Pregunta! -A fin de cuentas de eso se trata ser periodista. Los ingenieros fueron amables, dieron material de lectura sobre mantenimiento, unos cuantos PDF para ir entrando en materia, autores, teorías, conceptos, y un largo etc.

**Ex jefa Editorial  
Predictiva21**





Era el mes de julio y estuve casi todo ese mes leyendo, entendiendo de qué se trataba, tratando de cubrir una curva de aprendizaje tan larga como dolorosa. Mis vacíos intelectuales y conceptuales sobre la materia me hacían dudar de mi capacidad para llevar adelante el proyecto, que seguía sin nombre. De momento era la revista de Enrique y yo era la periodista que iba a hacer la revista de Enrique.

A finales de julio, una tarde calurosa y llena de nubes amarillas, el nombre Predictiva21 descendió a mi mente. **Un concepto completo, circular y compacto. Una idea sin esquinas.** Un pensamiento claro y sencillo. No tuve que escribir nada, ni imaginar nada. No fue necesario hacer tormenta de ideas o llamar a algún colega. Al igual que la ingeniería, el nombre no admitía supuestos. Era ese. Y ya. Sinceramente siento ahora que el nombre/idea/concepto/inspiración había estado flotando sobre mi mente como un globo invisible, a

la espera de que yo simplemente me quedara lo suficientemente quieta como para la idea pudiera descender y tomar forma. Al otro día le dije a Enrique: **“se llamará Predictiva21 y tendremos autores de toda América Latina. Y será un rotundo éxito”**. No me había sentido tan segura de algo en mucho tiempo.

Y así empezó mi hermosa criatura, mía y de muchas personas más. Para empezar, E&M Solutions se encargó de todos los detalles económicos de la revista. Había además una larga lista de contactos profesionales, ingenieros, dueños de negocios y científicos a los cuales llamar para presentar el proyecto e invitarles a publicar. Otras personas se encargarían del mercadeo (gracias Miguel Guzmán), las redes sociales y las campañas de mail marketing (gracias Daniela), los gastos de publicidad y un montón de detalles más, en tanto yo sólo debía

darle forma a los aspectos editoriales de Predictiva21, preparar las entrevistas, pensar como un escritor técnico, estar al tanto de las tendencias tecnológicas y del avance de la gestión de activos como ciencia. Contratamos a una diseñadora muy talentosa con la que nunca pude entenderme del todo, yo quería una cosa y ella hacía otra... para mi buena suerte porque su trabajo siempre resultó excelente.

Mis ideas visuales para Predictiva21 se estrellaban constantemente contra la plácida sonrisa de nuestra diseñadora-artista, Sofia, que siempre terminaba haciendo lo que ella quería. Y siempre quedaba realmente bien. Su tranquilidad me crispaba los nervios, yo había sido formada como periodista, acostumbrada a dar carreras, a estresarme y a los shots de adrenalina propios de mi profesión, así que su serenidad habitual me ponía nerviosa por efectos de contraste. Pero todo siempre salió verdaderamente bien. Sofia era muy paciente con mi pésimo humor cuando estábamos en fecha de cierre

de edición y los diseños no estaban listos (o simplemente a mí no me gustaban los que ya estaban hechos), pero se las arreglaba para que todo estuviera listo a tiempo. La verdad llegué a apreciarla y respetarla muchísimo, tenía un gusto excelente para el diseño de Predictiva21, que además fue evolucionando y convirtiéndose en una referencia en la rama de la ingeniería.

Recuerdo que preparamos una presentación de Predictiva21, que aún no salía como producto, para el primer Colaga, el Congreso Anual de Gestión de Activos de Venezuela, al que asistí. Hice allí mis primeras entrevistas para Predictiva21 y Miguel presentó el producto a los ingenieros e invitados. **Caí en cuenta del impacto que tendría la revista.** Un periodista puede reconocer esas cosas, las expresiones de las personas, la expectación y anticipación que causa de un producto que todos quieren conocer. Es el olfato del oficio.

De ahí en más, **Predictiva21 se convirtió en un medio de comunicación por derecho propio y empezó a crecer a través del mejor activo intangible que tiene un medio de comunicación: veracidad y criterio editorial.** Al cabo de un tiempo, mi querida amiga y colega Maite Aguirrezabala se unió al equipo, junto a Richard Skinner, quien se encargaba de hacer la versión en inglés de los artículos y las entrevistas más destacados. De pronto la lista de profesionales interesados en publicar creció de forma importante, Predictiva21 fue invitada como media partner a eventos en Europa y Estados Unidos, México y Colombia, además de invitada frecuente a los congresos de Reliabilityweb.com y Uptime Magazine en Estados Unidos, el CCM en México o los eventos de Facility Management en España. Habíamos creado algo importante, más grande que nosotros mismos, y que se convirtió en un espacio de conectividad, expresión y comunicación para los profesionales del asset management. Hay muchas anécdotas relacionadas con la evolución de Predictiva21, pero serían muy largas de contar. Han pasado los años y me sigue produciendo el mismo asombro, el mismo sentimiento de gratitud.

**Predictiva21 me dio algo más:** la posibilidad de expresar mis propias inquietudes sobre el mundo en el que estamos inmersos. Temas como la ética y la identidad frente a la robótica, los desafíos de la domótica o los alcances de la hiperconectividad comenzaron a preocuparme, y pude expresar esas inquietudes intelectuales y humanas en la revista que ayudé a crear.

Luego, con el tiempo nuestro equipo de trabajo se diluyó. Todos tomamos diferentes rumbos, incluyendo nuestra última diseñadora, la encantadora María Alessandra Triolo, a causa de la situación país, ese eufemismo que encierra más dolores y pérdidas de lo que somos capaces de contabilizar. Pero siempre recordamos con afecto a Predictiva21, **un producto editorial que conecta los puntos, los avances, las esperanzas y las expectativas del quehacer industrial y empresarial, apostando siempre por crear un mundo mejor.**

**Andrés González-** Como comenta Alimey, la historia de la revista es toda una travesía, una aventura de la que hasta hace un tiempo empecé a formar parte. Hemos ido evolucionando y hace dos años Predictiva21 apertura el departamento de Capacitación con el objetivo del crecimiento y desarrollo profesional de nuestros lectores con la preparación de 3 áreas fundamentales: Ingeniería de Mantenimiento, Ingeniería de Confiabilidad y Área de desarrollo técnico, de la mano de instructores reconocidos a nivel internacional, todo esto impulsado con el desarrollo de herramientas tecnológicas (Software) que facilitan el manejo y seguimiento de nuestros estudiantes y colaboradores.

Desde el año 2020 a la actualidad hemos capacitado a más de 450 estudiantes en nuestros cursos en calendario, así como a más de 50 empresas de toda Latinoamérica de todos los sectores industriales tales como: minería, oil and gas, alimenticio, manufacturero, autopartes, militar, energía y universidades. Algunas de estas organizaciones son: Bimbo, Nestle, Iberdrola, Netgas, Fountain Hydro Power, Confipetrol, Aguas Antafo-gasta, Benteler, Criogás, Matsuju y Universidad de los Andes.



## ¿Qué es lo que hace diferente a Predictiva21 de cualquier otra revista?

**Andrés González** - Somos una organización construida por personas de distintas naciones, historias de vida y especializaciones. El equipo de trabajo está conformado sobre todo por gente joven, mentes abiertas y curiosas por explorar y explotar su potencial. Con esto no infiero que la juventud sea mejor que la experticia y conocimiento que da la madurez, sino que quisiera enfatizar como parte de nuestra diferenciación es el hecho de que nuestro equipo de trabajo siempre está activo, innovando y deseoso por crecer.

Parte de la misión de la revista es darle un giro a lo cotidiano, traer frescura y creatividad en nuestros contenidos. Que parte de lo que atrape al leer un artículo no sea solamente la excelente calidad de la información, sino que este también un diseño atractivo, que este pensado para una lectura clara y enriquecedora.

También lo que hace única a la revista son las personas que nos leen, que nos comparten con comentarios o mensajes su opinión y conocimiento. Buscamos no ser un canal de comunicación de una sola vía, sino crear conversación escuchando a nuestros lectores, saber qué temas les interesan, qué quieren leer y sobre qué temas debemos empezar a hablar.

Las redes digitales son nuestro medio, nos apoyamos mucho en ellas y tratamos de sacarles el máximo provecho. Para la difusión del conocimiento es necesario contar con el mayor número de herramientas posibles y sobre todo el saberlas utilizar.

# ¿Hacia dónde se dirige Predictiva21?

**Andrés González** - Estamos actualmente en fase de expansión, nuestros lectores no solamente pueden disfrutar de contenido de valor referente a la industria en nuestra revista, sino que también tienen la oportunidad de capacitarse.

Hoy día Predictiva21 también es conocida como una empresa de formación, no solamente de difusión del conocimiento, ya que varios de nuestros aliados articulistas que son conocidos y que han contribuido constantemente con la revista, también están ahora en la fase expandida de Predictiva21 como profesionales especialistas para formar a otros profesionales.

Contamos con distintos modos de capacitación, los cuales son:

Nuestra plataforma de capacitación E-learning con cursos 100% grabados para todas las áreas de la ingeniería, que será otro punto de encuentro para que instructores, empresas y organizaciones puedan presentar sus conocimientos a toda la comunidad de ingenieros.



- **Cursos En línea**

Las sesiones con el instructor se dictan a través de Zoom o Microsoft Teams, donde los estudiantes podrán interactuar de manera libre. Durante la capacitación los participantes recibirán material de apoyo en formato digital.

Todas nuestras clases son grabadas y cargadas al aula virtual de manera inmediata. Los participantes pueden ver libremente la repetición de la clase por un periodo de 2 semanas a través del Aula Virtual. Esto brinda flexibilidad para las dinámicas de trabajo del día a día.

- **Cursos Presenciales**

Las sesiones con el instructor se llevarán en las instalaciones de conveniencia del cliente donde los estudiantes podrán interactuar de manera libre. Durante la capacitación los participantes recibirán material de apoyo en formato físico y digital.

Las capacitaciones presenciales pueden llevarse en las instalaciones del cliente o en salones proporcionados por Predictiva21. Las capacitaciones presenciales pueden llevarse en la locación geográfica de conveniencia para el cliente.

Además, contamos con el servicio de Consultoría, brindando soluciones destinadas a mejorar la seguridad, el rendimiento, la confiabilidad y los costos totales de propiedad durante el ciclo de vida de sus activos.

Predictiva21 en algún momento de su historia futura también estará explorando esa área de organización de eventos especializados alrededor de su ámbito central que es el mantenimiento, la confiabilidad y la gestión de activos.

## ¿En qué eventos han participado a lo largo de estos años?

**Andrés González** - Una parte sumamente importante de este proyecto es el poder conocer a más colegas del gremio y asistir a infinidad de lugares. Algunos de los eventos que hemos tenido la fortuna de cubrir son:

ENCAPMAN, SEPMAN, URUMAN, PRECONLUB, Colaga, Congreso Latinoamericano de Gestión de Activos, La semana internacional de la construcción y rehabilitación eficiente (sicre), CMC, Congreso Iberoamericano de facility managers: CIFMers, Congreso Integral de Hidrocarburos, Congreso mexicano de confiabilidad y mantenimiento, IMC, Exposición Latinoamericana del Petróleo LAPS, Congreso Mundial de Mantenimiento, Congreso de mantenimiento Abramam, Foro Español de Fiabilidad y Mantenimiento Predictivo, Reliability and Maintenance Congress, CIFMERS LATAM, Jornada Iberoamericana de Global Asset Management, Jornada Técnica sobre Seguridad en Operaciones de Mantenimiento, Simposio y exposición manufactura de autopartes en México, Fórum internacional de protección y respaldo de energía, Congreso Guatemala STLE, CIFMers, Congreso español de mantenimiento, Semana de la ingeniería, Congreso de mantenimiento hospitalario "facility management en salud, gestionar la innovación", Congreso internacional de mantenimiento y gestión de activos Bogota, Congreso Iberoamericano de Mantenimiento Ecuador y el Congreso de mantenimiento y confiabilidad latinoamericana Perú.



# En esta última sección de la entrevista abrimos convocatoria a nuestros colaboradores, articulistas, empresas aliadas, y nuestro equipo de trabajo para que nos compartieran su experiencia con Predictiva21, aquí está el resultado:

“Predictiva21 es una de esas experiencias que nos acompañan de por vida. Para todo escritor, sus escritos son sus criaturas, y esta no es la excepción. Hay muchas anécdotas relacionadas con la evolución de la revista, pero serían muy largas de contar. Han pasado los años y me sigue produciendo el mismo asombro, el mismo sentimiento de gratitud. Predictiva21 me dio algo más: la posibilidad de expresar mis propias inquietudes sobre el mundo en el que estamos inmersos.”

**- Alimey Diaz de Skinner, Ex jefa Editorial Predictiva21**

“Siempre me he sentido orgulloso de fundar y darle vida a P21. Cuando Enrique me habló del proyecto, me pareció muy interesante y quise darle un enfoque no tan rígido y técnico como el quería, para eso ayudó mucho traer a bordo a Alimey Díaz, con su estilo editorial fresco y alejado de la ingeniería. Luego, el resto del equipo inicial, Dadiela Angulo, Crisnar Rivero y Sophia Méndez nos permitió darle forma al proyecto. Fue un periodo de mucho aprendizaje y trabajo duro para sacar el primer número. El trabajo de investigación de Alimey sobre los referentes del mundo del Mantenimiento en América, fue clave para sumar los primeros colaboradores, además, nuestra política inicial de ser imparciales en este mundo de teorías y puntos de vista, nos abrió muchas puertas y permitió el posterior crecimiento.

Tengo la dicha de haber sido el principal embajador de la revista durante los años iniciales, viajando por América, haciendo entrevistas, videos y fotos de las principales autoridades del mundo de Gestión de Activos, Confiabilidad y Mantenimiento, ayudando a conocer el proyecto y sumando colaboradores, la mayoría siguen apoyando a P21 al día de hoy. Realmente siento a P21 como una parte importante de mi carrera profesional y hacerla despegar fue un logro con el que me siento muy feliz.”

**- Miguel Guzman, Parte del equipo fundador de Predictiva21**

“Compartir con PREDICTIVA21 ha sido un privilegio, ya que además de la integridad de sus acciones, nos brinda un servicio amable y altamente calificado no solo en la promoción de los cursos sino también en el contenido de los artículos que publican en la revista. A estos aspectos agrego el apoyo que le dan a COPIMAN en todas las actividades que desarrolla.”

**- Lourival Tavares, Ex- Presidente de COPIMAN y Ex-Director de ABRAMAN**

“Es importante contar con un medio como Predictiva 21 que, de una manera activa, contribuye de manera continua y trascendente a la difusión de las mejores prácticas en mantenimiento, productividad, gestión de activos, etc., aprovecho la oportunidad para felicitarlos por su rápido crecimiento y por su profesional equipo de trabajo. ¡Enhorabuena!”

**- MBA, Ing. José Páramo/CEO y Presidente fundador de Grupo Techgnosis**

“Desde Solex queremos resaltar el trabajo coordinado, serio y eficaz de Montserrat Souza quien está atenta a cada detalle desde la etapa inicial de negociación, hasta la puesta en marcha del proyecto. Agradecemos siempre todo su apoyo”

**- Viviana Campos, Coordinadora de Marketing de Solex**

“Como instructor me siento muy afortunado en poder ofrecer clases a través de la plataforma. La enseñanza es un servicio que brinda frutos a través de las personas que reciben nuestro conocimiento y me siento muy afortunado de formar parte de este proceso. Tengo mas de 20 años de experiencia que la ofrezco con mucha pasión en estos videos, por ahora solo tengo uno, pero es mi objetivo tener decenas de videos relacionados con procesos de la cadena de suministros, desde la gestión de los inventarios, hasta procesos complicados relacionados con tecnología. Trabajar con ustedes me gusta mucho, la comunicación es constante, muchas gracias por darme la oportunidad.”

**- Alex Vidal Paredes, Instructor de Predyc**

“Para mí ha sido un verdadero placer publicar mis artículos en la revista Predictiva21 ya que la misma tiene una buena receptividad y alcance en la comunidad del Mantenimiento, Confiabilidad y Gestión de Activos. Con la publicación de mis artículos en esta revista mis ideas y experiencia vivida plasmada en líneas han podido llegar a muchos colegas a los cuales he podido ayudar a solucionar algún problema en su organización o he ayudado a crecer en conocimiento a muchos lectores. Sin duda alguna para mi ha sido una excelente experiencia publicar en Predictiva21 y espero poder continuar haciéndolo por más tiempo.”

**- Edgar Fuenmayor, Ingeniero Mecánico con Maestría en Gerencia de Mantenimiento**

“Colaborar con predictiva 21 ha sido de las experiencias más agradables que he tenido a la hora de publicar mis artículos. El equipo de diseño gráfico es muy creativo y la experiencia del equipo técnico te da la seguridad de que el artículo será publicado sin problemas.”

**- José Salazar, CEO de ENETOR**

“Predictiva21 es un granito de mostaza, un proyecto que cada día va innovándose y revolucionando el mercado. Las ideas y las personas que conforman a la empresa son increíbles, me siento muy afortunada de estar creciendo en conjunto con la empresa.”

**- Montserrat Souza, Directora Editorial y Coordinadora de Mercadeo de Predictiva21**

“Colaborar con Predictiva21 ha sido muy satisfactorio porque se forma parte del engranaje global para aportar al conocimiento. El profesionalismo de Predictiva 21 permite ser un referente para este tipo de empresas quienes se caracterizan por su alta calidad y mejora permanente.”

**- Carlos H. Betancourt, Instructor de Predyc**

“Ha sido muy gratificante colaborar con Predictiva21 como articulista y facilitador, estoy muy agradecido por considerarme parte de su equipo, junto a un grupo de reconocidos colegas de alta excelencia profesional, con quien tengo el honor de compartir. Cuando Alejandro Godoy me invito a participar en el programa de capacitación en Julio de 2020, coincidí con la visión retadora de la empresa que me presento aquel día, con una estrategia orientada a ofrecer una experiencia de cercanía, acompañamiento y un alto valor entregado al cliente, el cual puede encontrar en nuestro sitio web, una variedad de alternativas para informarse y capacitarse en las áreas de Confiabilidad, Mantenimiento y Gestión de Activos.

Estoy seguro que Predictiva21 continuara renovándose, actualizándose y adaptándose a los nuevos cambios y necesidades del mundo empresarial; Predictiva21 es una empresa reciente, dirigida actualmente por talentos jóvenes, encauzados en otorgar cada vez, una mejor experiencia a nuestros clientes, emprendiendo nuevos e innovadores proyectos en el área de capacitación industrial; sin duda, juntos alcanzaremos grandes objetivos que lleven a Predictiva21 a posicionarla como una referencia duradera, basada en una relación de confianza con nuestros usuarios.”

**- MSc./Ing. Tibaldo Díaz Consultor e Instructor de Predictiva21**

“Trabajar en P21 es una experiencia invaluable relacionada al área de ingeniería industrial. He aprendido más en los aproximados 4 meses que tengo de trabajo que años en la universidad.

Los directivos y los compañeros de trabajo son personas muy dedicadas que han logrado mucho a pesar de ser tan pocas manos que trabajan. Me alegra mucho formar parte de esta empresa y espero seguir aprendiendo cada vez más del ambiente de trabajo y de los demás compañeros.”

**- Bryant Revete, Copywiter de Predictiva21**

“Todos somos capaces de demostrar nuestro potencial de manera individual y fuera del contexto profesional, pero cuando una empresa abre sus puertas para que nuevos integrantes puedan ser parte de las metas, la visión, y la identidad de la marca, es cuando te conviertes en algo más grande; descubres que tus capacidades van más allá de lo que conocías.

Predictiva21 es una empresa con un gran potencial dentro del sector industrial en Latinoamérica y está conformada por un excelente equipo de trabajo que te brinda una mano en cualquier aspecto. Un gusto formar parte de lo que es y será Predictiva21.”

**- Israel Granados Antonio, Diseñador Editorial y Creador de Contenidos de Predictiva21**

# Calendario 2022

Cursos online

PREDICTIVA<sup>21</sup>  
LEARNING

## 07 Marzo

Planificación, Programación y Costos de Mantenimiento

## 12 Marzo

Selección de Rodamientos, Mantenimiento, Lubricación y Análisis de Fallas

## 21 Marzo

Gestión de Costos de Mantenimiento (GCM)

## 22 Marzo

Formación y Preparación para la Certificación CMRP

## 04 Abril

Sistemas de Indicadores (KPI) para Evaluar la Gestión del Mantenimiento

## 09 Abril

Análisis de Costo-Riesgo-Beneficio, Costos en Ciclo de Vida, Vida Útil Remanente y Obsolescencia

## 18 Abril

Técnicas de Análisis de Fallas y Solución de Problemas a través del Análisis de Causa Raíz RCA

## 02 Mayo

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

## 09 Mayo

Gestión y Optimización de Inventarios para Mantenimiento

## 23 Mayo

Generación de Planes Óptimos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

## 20 Junio

Taller de Análisis de Criticidad (Detección de Oportunidades)

## 08 Agosto

Estándares de Planeamiento y Control de Mantenimiento

## 15 Agosto

Administración de Mant.

## 22 Agosto

Gestión de Mant.

Conoce más





# TECNOLOGÍAS PREDICTIVAS EN MANTENIMIENTO

## 9 DE MARZO

## ¡INSCRIPCIONES ABIERTAS!



100% ONLINE Y  
GRATUITO



INCLUYE  
CERTIFICADO



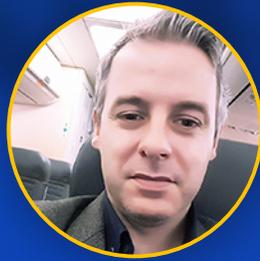
¡VISITA  
[traction.com/es/intensivo-mx](https://traction.com/es/intensivo-mx)  
Y INSCRÍBETE!

## EXPOSITORES



**José Contreras  
Márquez**

► Director de  
[mantenimientoeficiente.com](https://mantenimientoeficiente.com)  
► Instructor Global Certificado



**Nicolas Paoloni**

► Gerente industrial Barbieri  
de Brasil (Empresa líder en el  
mercado de la construcción, la  
industria metalúrgica y  
plástica)



**Jean Rosales**

► Ingeniero de  
Mantenimiento y  
Aplicaciones en Traction

¡Y OTROS GRANDES ESPECIALISTAS  
EN LA INDUSTRIA!



||| BARBIERI

TRACTION

# Una propuesta de Gestión de Activos Intangibles

Basada en ISO 55001 e ISO 30401 para Gestión del Conocimiento

Artículo original:

Publicado en 15th WCEAM2021 (World Congress on Engineering Asset Management)

August 15-18, Brazil

**Best technical paper in 15th WCEAM 2021. “The 15th WCEAM organising committee is pleased to announce that you will be receiving best paper awards (Paper 40):**

An Intangible Asset Management Proposal based on ISO 55001 and ISO 30401 for Knowledge Management

Adaptación del artículo original:

Carlos Parra

Adrián Balda

## Resumen

Esta contribución pretende proporcionar una visión sobre las normas ISO 55001 (requisitos para un sistema de gestión de activos) y la ISO 30401 (requisitos para un sistema de gestión del conocimiento), con el fin de considerar el conocimiento y la gestión de los activos humanos, como una dimensión relevante para todos los sectores industriales y de ingeniería. En este trabajo se propone un marco de gestión de activos intangibles, con los principios y requisitos de las normas mencionadas, junto con metodologías ya desarrolladas para la gerencia física del activo, para coordinar y realizar valor (en este caso) del conocimiento industrial. Esta propuesta pretende ser una herramienta de ayuda de decisión útil para alinear las diferentes áreas de conocimiento a la estrategia de la industria y, en particular, a los conductores de negocios (business drivers) de la empresa. Dicha propuesta requerirá primero la identificación de las áreas clave de conocimiento, que son necesarias para sostener y desarrollar el negocio, apoyando toma de decisiones estratégicas. Después de esa priorización, se realizará un análisis de brecha para que el conocimiento básico y las capacidades industriales clave coincidan con los recursos de la empresa actual y donde residan (conocimientos especializados, repositorios de documentos, etc.). Este análisis ayudará no sólo a detectar los capacidades medulares que deben desarrollarse y/o ser adquiridas por la organización, sino también a reasignar eficientemente los recursos de la empresa a actividades más críticas con más valor añadido. Finalmente, se comentan las conexiones a las referencias de riesgo e incertidumbre, el proceso de la digitalización industrial, así como a posibles líneas de investigación futuras.

## 1. Introducción

Según ISO 55000 [1], un activo es algo que tiene un valor potencial o real a una organización. Eso significa en otras palabras, un artículo que tiene la capacidad de impactar en la empresa a lo largo de su ciclo de vida completo. Cada compañía decidirá qué es un activo y establecerá prioridades en consecuencia. Esto es importante comenzar a mencionar ya que, según esta definición, un activo puede ser un elemento tangible (como el equipo de fabricación, las herramientas de prueba, etc.), pero puede ser tan bien un elemento intangible (como el conocimiento, los recursos humanos, las competencias, etc.). Junto con el concepto de activo, se define comúnmente el término de la gestión de activos. Este término se referirá a todas las actividades coordinadas de una organización con el objetivo de realizar el valor de sus activos. Según el tipo de activo (tangible o intangible), la gestión correspondiente no será necesariamente la misma. Sin embargo, habrá líneas principales que pueden ser similares.

Hoy en día, hay estándares que ayudan a las organizaciones a administrar sus diferentes sistemas. En particular, la ISO 55001 [1] ayuda a administrar los activos. Ese estándar no especifica si dichos activos tienen que ser elementos tangibles (físicos) o no. Sin embargo, las organizaciones generalmente aplican este estándar para administrar sus

activos físicos. Por otro lado, se ha publicado recientemente la ISO 30401 [2] que se refiere al establecimiento de un sistema de gestión del conocimiento. Por otro lado, se ha publicado recientemente la ISO 30401 [2] que se refiere al establecimiento de un sistema de gestión del conocimiento. Como cualquier otro sistema de gestión definido por la ISO, se sigue el conocido ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), también nombrado ciclo de Deming. En general, los términos, la gestión de activos basados en ISO 55000 [1] ayudan a responder a preguntas específicas y apoyan la toma de decisiones de acuerdo con los datos recopilados. En este sentido, estas preguntas son como las siguientes:

- ¿Cuál es la cartera de activos?
- ¿Qué tan importantes son estos activos para la empresa?
- ¿Los recursos son asignados de manera eficiente para cada activo?
- ¿Cuánto costarán los activos durante todo su ciclo de vida?
- ¿Cómo están vinculados los activos a los objetivos comerciales?

Para responder a estas preguntas, las organizaciones aplican un conjunto de metodologías como el Análisis de Criticidad (AC); Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC); modelaje de Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Análisis de Seguridad (RAM), Análisis de

Costos del Ciclo de Vida (ACCV), entre muchos otros. Según lo comentados, las organizaciones generalmente aplican estas metodologías de una manera cíclica después de un tipo de PHVA o ciclo de Deming, para administrar sus activos físicos con un fondo de mejora continua. En otras palabras, la gestión de activos exige la definición precisa del concepto de activo y el uso de herramientas de análisis para extraer información. Dicha información es la que se requiere para la toma de decisiones y para la provisión de apoyo a la función de gestión. En términos de modelo de toma de decisiones, un activo es una representación paramétrica de un elemento que proporciona valor a un sistema u organización. Este tipo de gestión se puede aplicar para un activo intangible de manera similar a un activo físico. En este sentido, considerando el activo intangible como conocimiento, a través de la definición de sistema de gestión, responderá a las preguntas como:

- ¿Qué conocimiento se requiere?  
¿Por qué?
- ¿Cómo se puede medir y parametrizar el conocimiento?
- ¿Cómo se puede definir una cartera de activos de conocimiento?
- ¿Quién tiene / dónde está disponible este conocimiento?
- ¿Qué tan importante es ese

conocimiento?

- ¿Qué tan eficiente es la organización utilizando su conocimiento?
- ¿Cómo está protegido y desarrollado este conocimiento?
- ¿Cuál es el valor agregado de este conocimiento a la estrategia empresarial?

**Según la ISO 30401 [2], la gestión del conocimiento se referirá a la combinación de procesos, metodologías de acciones y soluciones que permitan la creación, el mantenimiento, la distribución y el acceso al conocimiento organizativo. En consecuencia, el sistema de gestión correspondiente será ese conjunto de elementos interrelacionados o interactivos de una organización que establezca, incruste y permitan las políticas y objetivos de gestión del conocimiento, así como los procesos para lograr esos objetivos.**

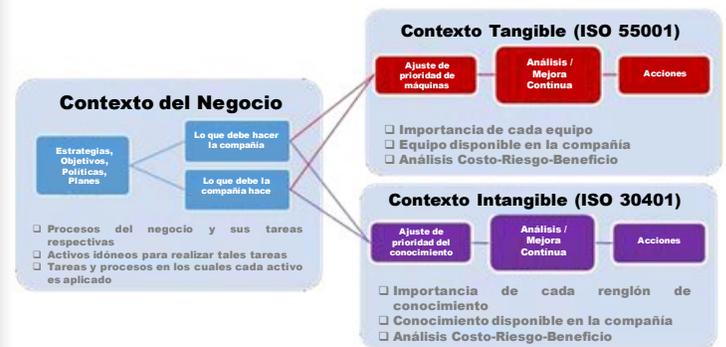
Además de esto, ese estándar compila un conjunto de otras definiciones. Entre ellos, existe el concepto de Competencia, que se define como la capacidad de aplicar conocimientos y habilidades para lograr resultados de la organización. Por supuesto, dicho resultado previsto debe estar alineado con la estrategia de la organización. Se puede encontrar otra definición a la Competencia en la instrucción del DOD 1400.25 [3], donde se representa como un patrón de conocimiento, habilidades, comportamientos, y otras características que se pueden observar y otras características necesarias para realizar roles de trabajo o funciones ocupacionales con éxito. En cualquier caso, agregado a este concepto, la norma específica que pueden ser las competencias básicas, así como el modelo y el marco donde se deben describir y estructurar estas competencias. Como comentario de la norma, la ISO 30401 [2] probablemente está bastante concentrada en las competencias relacionadas con los recursos humanos, donde se supone que el conocimiento de la compañía se queda. Sin embargo, es importante subrayar también que el conocimiento puede confiar en los repositorios documentales también, y debe tenerse en cuenta que en la próxima generación (o incluso hoy en día), gran parte de estas competencias pertenecerán a la Inteligencia Artificial (IA). La definición de conocimiento y

competencia, junto con la administración, están experimentando una revolución como consecuencia de la transformación digital, especialmente, el desarrollo de la IA.

## 2. Modelo de Gestión de Activos Intangibles (MGAI) desde un Modelo de Gestión de Activos Físicos (MGAF)

Volviendo al sistema de gestión de activos generales, cualquier marco de gestión de activos tendrá que considerar el contexto empresarial. Eso se refiere a la estrategia, las políticas, los objetivos, los planes, pero también a las actividades a realizar.

Fig 1. Contexto del negocio y Gestión de Activos



Con respecto a tales actividades, es importante identificar lo que la compañía debe hacer, y lo que realmente hace la compañía. En otras palabras, para la definición del contexto empresarial, se necesitará:

- Los procesos de negocios y sus tareas respectivas.
- Activos idóneos para realizar tales tareas.
- Tareas y procesos en los que se aplica cada activo.

Dado que los activos pueden ser tangibles (máquinas) o intangibles (conocimientos), el marco debe seguir y considerar ambas posibilidades. Junto con el marco, es importante tener en cuenta los procedimientos existentes posibles en la empresa. En este sentido y con respecto al contexto empresarial, la compañía probablemente ya ha establecido diferentes manuales relacionados con sus objetivos, riesgos y oportunidades, planificación estratégica, auditorías, etc. Con respecto al contexto tangible, los procedimientos que ya pueden existir en la empresa pueden referirse a la fabricación, el sistema de gestión de no conformidad, los procedimientos de inversión, etc. Por otro lado, con respecto al contexto intangible, la Organización probablemente ya tiene planes de recursos humanos, control de información documentada, asuntos públicos o sistema de gestión de talentos entre otros procedimientos. Teniendo en cuenta la gestión de los activos físicos, hay muchas publicaciones que tratan con ese tema, como, por ejemplo, el marco de gestión de 8 fases definido por

Crespo (2007) [4], Parra y Crespo [5].

Este documento por el contrario, está interesado en concentrarse en la gestión de activos intangibles, considerando el conocimiento como un activo intangible. En consecuencia, adaptar el marco de gestión de 8 fases mencionado anteriormente (que está dedicado a los activos físicos) a un marco de gestión del conocimiento (que se dedica a los activos intangibles), las fases pueden ser, por ejemplo, las siguientes:

- Fase 1: Definición de competencias/áreas de conocimiento según estrategia de negocio
- Fase 2: Ajuste de competencias/áreas de conocimiento prioritario
- Fase 3: Intervención en problemas de competencias - recursos de alto impacto
- Fase 4: Diseño de planes de competencias y requerimientos de recursos
- Fase 5: Optimización de Plan de competencia, programación y recursos

- Fase 6: Evaluación y control de recursos
- Fase 7: Análisis del ciclo de vida de las competencias y recursos
- Fase 8: Mejora continua y utilización de nuevas técnicas

De manera similar a la gestión de activos físicos, en este caso se necesitará para determinar un nivel de intervención específico. Eso significa que **la organización debe tener que considerar lo más posible los siguientes aspectos antes de definir un marco de gestión del conocimiento:**

- Los procesos de negocios y sus respectivas tareas.
- Conocimiento adecuado para realizar tales tareas.
- Importancia de cada renglón de conocimiento.
- Conocimiento disponible en la Compañía (Documentos).
- Naturaleza del conocimiento: tácito o explícito.
- Tarea y procesos en los que se utiliza cada elemento de conocimiento.

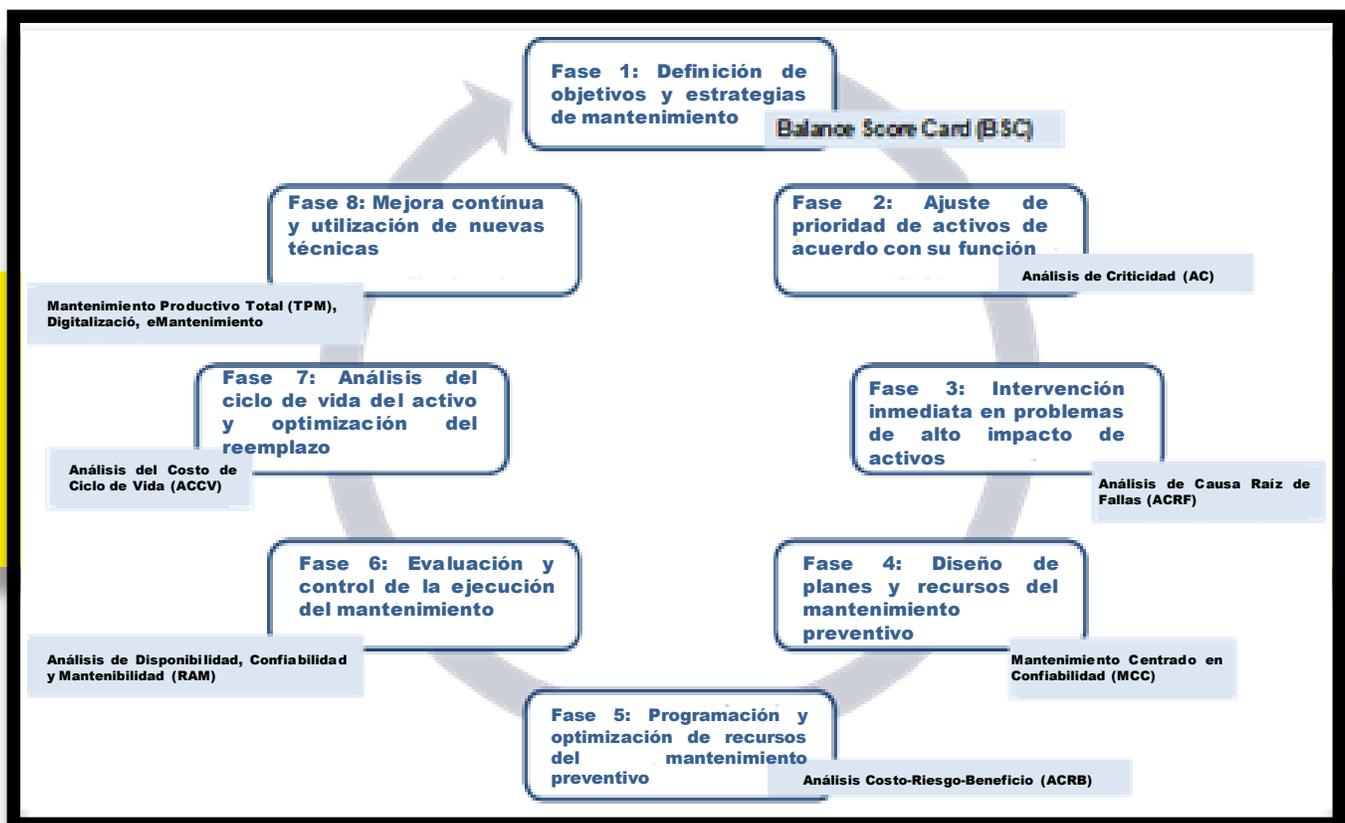


Fig 2. Marco de Gestión de Activos propuesto por Crespo (2007)[4], Parra y Crespo [5].

### 3. Ejemplo de Gestión de Activos Intangibles: Un Marco de Gestión de Activos de Conocimiento

Según la norma ISO 30401:2018 [2], el conocimiento se define como el activo humano o organizativo que permite las decisiones y la acción eficaces en el contexto. Por otra parte, el know-how es definido por el diccionario de Merriam Webster como el conocimiento de cómo hacer las cosas, o el conocimiento adquirido por realmente hacer o vivir a través de algo. Know-how se describe generalmente con características como un activo personal y reutilizable que puede promover conocimiento. En la sección introductoria, algunas preguntas se establecían en relación con la gestión de los activos físicos. De acuerdo con estas cuestiones, uno de los primeros pasos para fijar un marco de gestión del conocimiento será identificar los conocimientos críticos o cómo priorizarlos. En ese sentido y con ese fin, es posible considerar preguntas como:

- ¿Está el conocimiento alineado con la misión/visión del negocio?
- ¿Es específico o general?
- ¿Es secreto o abierto?
- ¿Proporciona una ventaja competitiva?
- ¿Está claramente vinculado a competencias y expertos?



Fig. 4. Metodología de priorización de habilidades y competencias claves para el EDTIB [6]

### 3.1 Fase 1: Definición de Conocimiento de acuerdo con la estrategia del negocio

De acuerdo con las preguntas mencionadas, será crucial identificar las competencias para determinar las características de los roles.



Fig. 3. Identificación de lo que la empresa debe tener, y lo que la empresa realmente tiene

Además de esto, es importante identificar las funciones y la estructura en la organización, con el fin de determinar los RRHH, así como las características de los documentos. Con todo ello, se obtendrá como resultado una matriz de competencia, junto con una especie de repositorio donde se identifican los diferentes expertos y documentos para cada competencia específica.

### 3.3.2 Ajuste de la prioridad del conocimiento

Antes del contraste entre las competencias deseadas con los recursos existentes, es importante primero priorizar tales competencias o áreas de conocimiento requeridas. Dado que la materia en estudio es intangible, esta actividad se realizará mediante una evaluación cualitativa extraída de los juicios por expertos, evaluando cómo se alinea cada competencia con la estrategia empresarial. Con esto, el resultado debe ser la identificación de las competencias básicas para el negocio. Como ejemplo, la Figura 4 ilustra la metodología seguida por la Base Tecnológica y Industrial de Defensa Europea (EDTIB), explorando las competencias claves y las competencias de defensa para ser sustentadas en el futuro. [6]

### 3.3 Fase 3: Intervención en problemas de competencias - recursos de alto impacto

Una vez identificadas las competencias básicas para el negocio, y los recursos existentes, no sólo en la empresa, sino también en el mercado laboral. En ese sentido, la Figura 5 presenta un mapa detallado de la destreza y la disponibilidad de habilidad como identificados por la Encuesta de Habilidades de Defensa de Crecimiento (DGP) [6]. Como se describe en esta referencia, las burbujas representan la escala del tema de habilidades críticas que son esenciales, como una proporción de la respuesta general. En esa encuesta, la criticidad se entiende en términos de la capacidad de las empresas para satisfacer sus necesidades empresariales dentro del mercado laboral.

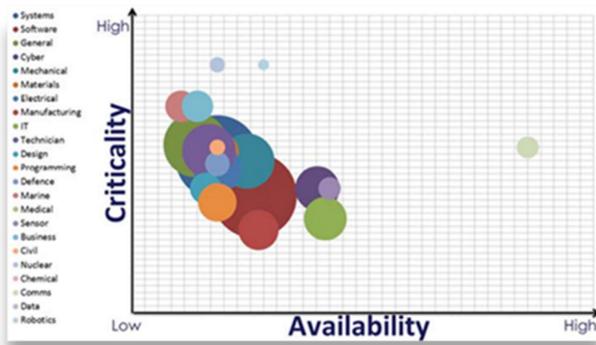


Fig. 5. Resultados de la encuesta de destrezas de criticidad y disponibilidad de habilidades [6]

Además de esto, es importante determinar si los recursos de la empresa están bien asignados a las competencias centrales y si hay lagunas. Estas brechas pueden ser en términos de competencias sin recursos asignados a ellos, o, por otra parte, lagunas en términos de recursos existentes que no se dedican a competencias definidas (si hay personas dedicadas a estas competencias o no, y viceversa). Con esto, es importante estudiar la gravedad de las deficiencias, así como el riesgo de pérdida de conocimiento.



### 3.4 Fase 4: Diseño de planes de competencias y requerimientos de recursos y Fase 5: Optimización de Plan de competencia, programación y recursos

El análisis anterior será útil para alinear competencias y recursos. Dicha alineación se obtendrá aplicando un tipo de plan de acción donde deben representarse los requisitos de competencias y recursos. En otras palabras, la compañía encontrará competencias medulares con una brecha en los recursos y los recursos existentes que no coincidan con las competencias deseadas. La coincidencia entre el plan de competencia y los requisitos de recursos necesitará la aplicación de las técnicas de gestión de cambios en el área de recursos humanos (RRHH), en términos de capacitación y / o rotación del personal, o adquiriendo el conocimiento del mercado laboral. Ello supondrá a los empleados (técnicos, gerentes, etc.) un cambio incremental y transformacional. Se sugiere un posible proceso para competencias no medulares en la Figura 6.

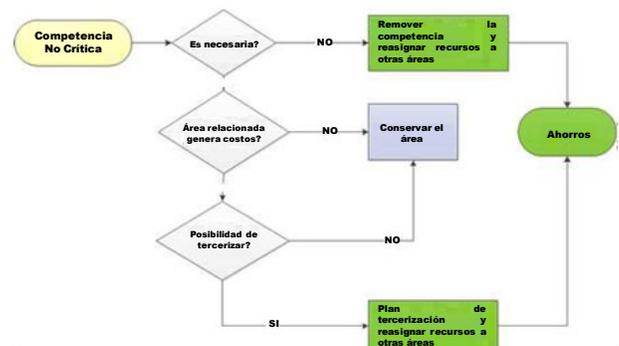


Fig. 6. Posible proceso para competencias no medulares

### 3.5 Fase 6: Evaluación y control de recursos y Fase 7: Análisis del ciclo de vida de las competencias y recursos

Para controlar y evaluar los recursos de la empresa vinculados a conocimientos básicos específicos, hoy en día existen muchos software y aplicaciones que ayudan a la administración de tales factores de éxito. El proceso habitual para ese control y evaluación se puede describir en los siguientes pasos:

- Gerente establece metas.
- Gerente guía al empleado a través de los objetivos.
- El empleado trabaja hacia las metas.
- Gerente revisa el desempeño del empleado.

Para revisar el desempeño, es importante definir medidas e indicadores específicos. La variación de tales indicadores con el transcurso del tiempo ayudará a observar el grado de progreso, principalmente cuando se han aplicado medidas específicas. Estos aspectos ayudarán a la compañía a detectar las necesidades, y por lo tanto, requerirá la implementación de un plan de cambio que se pueda comunicar a la organización. Dicho plan de cambio necesitará, por supuesto, un proceso de implementación y, después de eso, la evaluación. Al final del día, se espera que los cambios necesarios sean absorbidos por la cultura empresarial.

### 3. 3.6 Fase 8: Mejora continua y utilización de nuevas técnicas

Las fases mencionadas anteriormente requerirán, por supuesto, repetirse continuamente después de un ciclo de Deming como un proceso de mejora continua habitual.

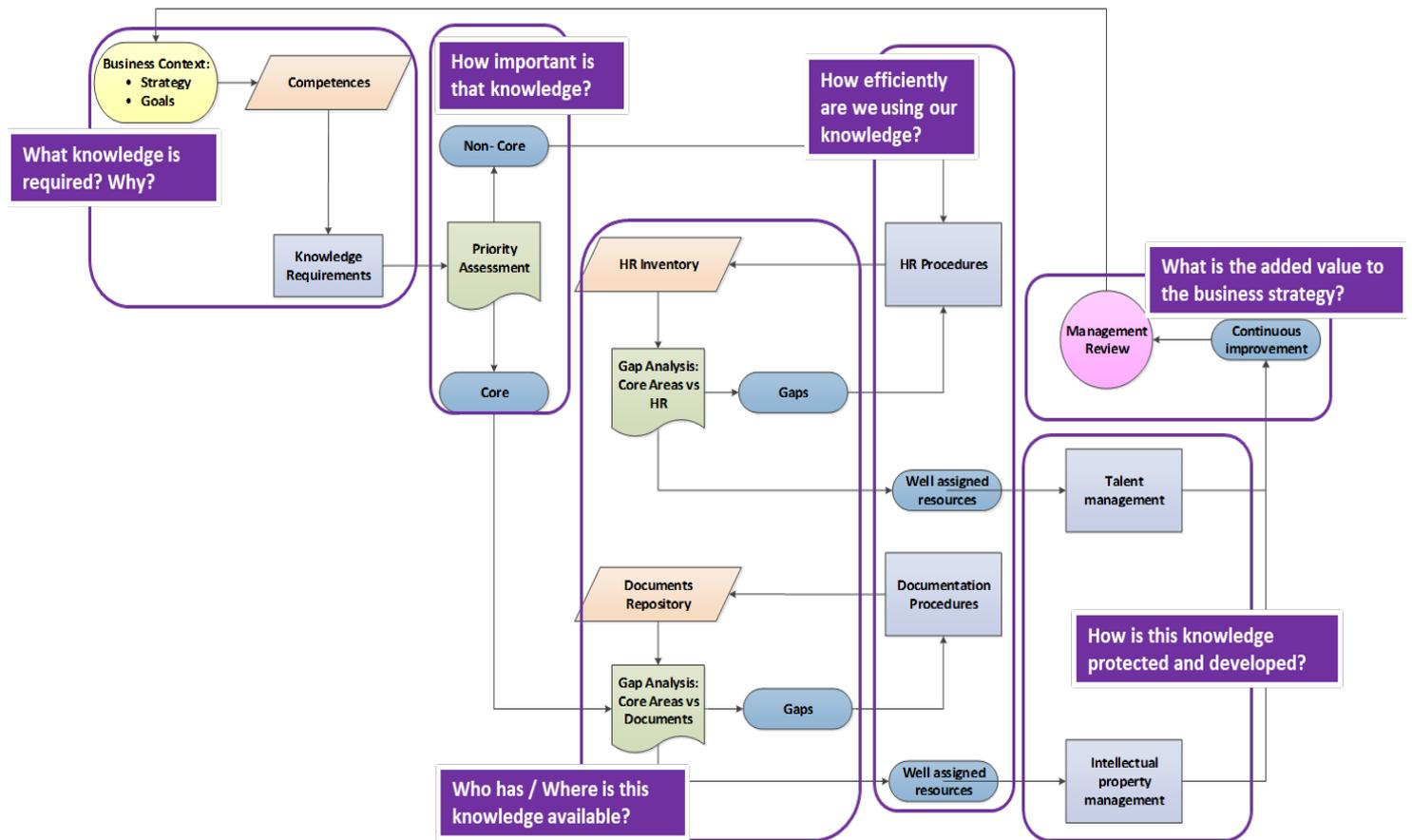
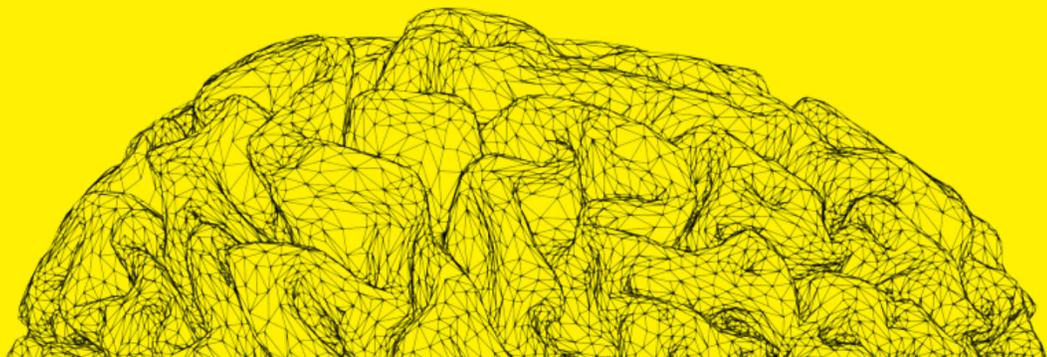


Fig 7. Proceso de Gestión del Conocimiento propuesto



La Figura 7 está destinada a resumir el marco de gestión del conocimiento, que muestra un proceso cíclico en el que se representan las fases mencionadas anteriormente, junto con las preguntas iniciales establecidas para un sistema de gestión de activos intangibles apropiado. Por lo tanto, este es solo un ejemplo del proceso relacionado con el marco de gestión del conocimiento propuesto. Sin embargo, por supuesto que hay otros que se encuentran en la literatura (por ejemplo: [7], [8]), junto con un análisis interesante y los casos de estudio que vinculan la gestión de activos (de la manera tradicional) con aspectos relacionados con el conocimiento y otros elementos intangibles ([9], [10], [11] o [12] entre otros).

## 4. Resumen y Conclusión

“El conocimiento es poder” se ha convertido en un cliché común pero verdadero en todas las áreas de la industria. En la economía del conocimiento, existe un consenso de que este activo intangible es uno de los principales recursos para la creación de riqueza en las empresas. Por lo tanto, parece ser crucial que las empresas tienen que administrar sus conocimientos para obtener el máximo valor agregado posible. Por supuesto, todas las organizaciones gestionan su conocimiento, aunque no todas siempre lo gestionan de manera óptima. Debido a esa razón, este documento ha presentado un marco de gestión basado en estándares ya conocidos como la ISO 55001 para la gestión de activos y la ISO 30401 para la gestión del conocimiento [13] y [14]. Además de eso, esta contribución ha adaptado la metodología desarrollada para los activos físicos, con el propósito de ser utilizada para priorizar las competencias. Se recomienda al usuario verificar si están alineadas con los recursos existentes y para cumplir con las brechas al entrenar, reubicar o adquirir nuevos recursos. Básicamente, aquellas empresas que son conscientes de cómo manejar de manera eficiente sus conocimientos están en una situación más competitiva.

## 5. REFERENCIAS

- ISO 55001:2015. Asset management – Management systems – Requirements. International Organization for Standardization
- ISO 30401:2018. Knowledge management systems – Requirements. International Organization for Standardization
- DoD Instruction 1400.25, Volume 250, Civilian Strategic Human Capital Planning, November 18, 2008
- Crespo A. (2007). The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance. Springer Science & Business Media. DOI: 10.1007/978-1-84628-821-0. ISBN 9781846288210
- Parra, Carlos y Crespo, Adolfo (2015). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. Segunda Edición. Edita: INGEMAN, España. DOI: 10.13140/RG.2.2.29363.66083
- Retter L., Taggart L. and Freeman J. (2015). Executive Summary. Key Skills

and Competences for Defence. EDA contract reference: 14.CPS.OP.030. RAND Europe RR-1226-EDA

Kriege L.K., Jooste J.L. & Vlok P.J. (2016). A framework for establishing a human asset register for the improved management of people in physical asset management. South African Journal of Industrial Engineering. Vol 27(4), pp 77-89. DOI: 10.7166/27-4-1549

Colakoglu, S., Hong, Y. & Lepak, D.P. (2010). Models of strategic human resource management. In: Wilkinson, A., Bacon, N., Redman, T. & Snell, S. (Eds.) The SAGE handbook of human resource management. SAGE Publications.

Kriege, L. & Vlok, P.J. 2015. Human resources within ISO 55000 – The hidden backbone to the asset management system. In: Amadi-Echendu, J., Hoohlo, C. & Mathew, J. (Eds.) 9th WCEAM Research Papers. Springer, pp. 435-446

Blair, M.M. (2011). An economic perspective on the notion of human capital. In: Burton-Jones, A. & Spender, J.-C. (Eds.) The Oxford handbook of human capital. Oxford University Press, pp. 49-70.

Amadi-Echendu, J. (2010). Behavioural preferences for engineering asset management. Definitions, Concepts and Scope of Engineering Asset Management, 1(1), pp. 347-355.

Maheshwarkar M. and Sohani N. (2016). Evaluation of Knowledge Management Levels Based on Multi Criteria Analysis. Management Science and Engineering. Vol. 10, No. 2, 2016, pp. 5-23. DOI:10.3968/8561. Canadian Research & Development Center of Sciences and Cultures. ISSN 1913-0341

Maletič, D., Pačaiová, H., Nagyová, A., Gomišček, B., & Maletič, M. (2021). Framework Development of an Asset Manager Selection Based on Risk Management and Performance Improvement Competences. Safety, 7(1), 10

Parra C., González-Prida V., Candón E., De la Fuente A., Martínez-Galán P., Crespo A. (2020) Integration of Asset Management Standard ISO55000 with a Maintenance Management Model. In: Crespo Márquez A., Komljenovic D., Amadi-Echendu J. (eds) 14th WCEAM Proceedings. WCEAM 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-64228-0\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-64228-0_17)

**Carlos Parra**  
Gerente Aula Virtual INGECON at  
Aula Virtual IngeCon



**Adrian Balda**  
Ingeniero Senior de Confabilidad  
Mantenimiento Mecánico





# GESTIÓN DE MANTENIMIENTO SENCILLA Y EFECTIVA

LAS FUNCIONES DEL SOFTWARE DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ALADDIN:

- MONITORIZACIÓN DE KPI DE MANTENIMIENTO;
- REGISTRO DE LOS ACTIVOS FÍSICOS;
- PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO INCLUSO CALENDARIO;
- GESTIÓN DE EQUIPOS Y DE LAS ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO;
- INTEGRACIÓN DE INFORMACIONES DE CLIENTES Y FORNECEDORES;
- GESTIÓN DE ESTOQUE DE LOS EQUIPOS;
- INTEGRACIÓN CON SAP Y OTROS SISTEMAS;
- REPORTES AUTOMÁTICOS BASADOS EN LOS DATOS DE ENTRADA;

**ACCESO EN LÍNEA: USD 45 PER USER/MONTH**

[HTTPS://WWW.EDUARDOCALIXTO.COM/PRODUCTS/](https://www.eduardocalixto.com/products/)



EC@DUARDOCALIXTO.COM

# ¿Qué se puede controlar o gestionar con un CMMS?



**Miguel Vloria**  
Gerente Comercial de cuentas  
Fractal



Un sistema computarizado de gestión de mantenimiento CMMS es un software especializado en simplificar los procesos asociados al área de mantenimientos de activos –tanto preventivos como correctivos–, siempre en el marco de un esquema sistemático, organizado, sencillo y con toda la información centralizada y accesible.

En ese sentido, el CMMS aporta ventajas de valor, como optimizar el uso y disponibilidad de maquinaria y equipos, mejorar la trazabilidad de estos, potenciar la toma de decisiones, hacer más eficiente el uso de los recursos y ampliar el control y gestión sobre múltiples áreas y aspectos.

## Pero ¿qué se puede controlar o gestionar con un CMMS?

Una vez que implementamos el CMMS –apto para cualquier empresa donde la infraestructura física sea clave para la confiabilidad operacional–, podemos iniciar los planes de mantenimiento sobre los activos, independiente del tamaño y la naturaleza de ellos.

Con una mayor profundidad, podemos enumerar una serie de aristas sobre las que ejercemos gran control mediante el sistema:

### Gestión de órdenes de trabajo (OT)

Podemos decir que esta es una de las funciones principales del CMMS: **la planificación, asignación, ejecución y reporte de todas las OTs** directamente a técnicos o proveedores, incluyendo data esencial como número de orden de trabajo, descripción y prioridad, así como el personal asignado. Por otro lado, contamos con la posibilidad de reservar materiales y equipos, y hacer un seguimiento detallado de los costos y tiempos de ejecución de cada tarea.

### Gestión de recursos y mano de obra

Mediante la herramienta podemos centralizar la información de los colaboradores, asignar tareas propias del plan de mantenimiento y verificar su cumplimiento, así como medir el tiempo y recursos gastados en la ejecución de las faenas.

### Registro de activos

El CMMS, software de mantenimiento, nos brinda la posibilidad de inventariar activos de planta y producción, infraestructura, transporte e inmobiliarios. Pero no solo eso, también podemos asignar con esta herramienta información clave para su gestión como fabricante, modelo, número de serie, categoría, precio, costos, código, ubicación, nivel de criticidad, documentación y estadísticas de rendimiento, entre otros datos de valor.

Además, tenemos la opción de ver todo el historial de actividad de cada uno de los activos.

### Administración de materiales e inventario

El CMMS también nos brinda la opción de llevar un inventario actualizado de los equipos, materiales y herramientas de mantenimiento en instalaciones, centros de distribución y áreas de almacenamiento.

Lo anterior permite hacer monitoreo de existencias, costos de stock y reabastecimiento.

### Control de proveedores

En la plataforma podemos centralizar toda la información de los proveedores y de las relaciones con ellos, facilitando toda la gestión de las operaciones externalizadas de mantenimiento.

### Gestión de presupuestos

En el presupuesto anual para el plan de mantenimiento, gran parte del costo es fijo, como la mano de obra habitual o las reparaciones planificadas. Sin embargo, también existen conceptos variables, usualmente asociados a las averías que se produzcan.

Lo anterior complica un poco la gestión de los recursos disponibles para el área. Sin embargo, mediante un CMMS –que es una herramienta clave en estas labores– se simplifica esta tarea gracias a módulos especialmente diseñados para ello.

Estas posibilidades de control y gestión nos permiten incrementar los tiempos de actividad confiable de equipos y maquinaria, generando mejores resultados.

Consideremos que, en la fabricación industrial, el tiempo de inactividad no planificado provoca pérdidas de entre un 5% y un 20% de la productividad, por lo que contar con una gestión de activos óptima incide directamente en la productividad del negocio.

Fractal One es un poderoso software CMMS con el cual podrás potenciar las actividades de mantención de activos debido a la integración de completas funcionalidades, garantizando una gestión integral de tus activos.



# Realiza una gestión de mantenimiento inteligente con **Fractal One**

Solución líder por año consecutivo en la plataforma G2, cómo uno de los mejores **softwares CMMS** del mercado



**Cámbiate hoy y conoce sus nuevas funcionalidades:**

- ✓ Crea un dashboard personalizado con diferentes tipos de gráficos.
- ✓ Modifica sus tamaños.
- ✓ Arrastra y ubica los paneles en donde prefieras.

Más información en:

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

# Gabriela Mejías

Latinoamérica es un territorio muy extenso que requiere **conectar** cada una de estas profesionales en una misma autopista de comunicación que nos permita **cultivar, intercambiar y enriquecer nuestros conocimientos** en el ejercicio de la profesión



**Montserrat Souza**

Coordinadora de Marketing

[montserrat.souza@predictiva21.com](mailto:montserrat.souza@predictiva21.com)



Gabriela Mejías, venezolana, ingeniero mecánico, esposa y madre de dos niños e inmigrante como muchos venezolanos de la diáspora venezolana, proveniente de una sección del país caracterizada por ser bendecida por su calidez y encontrarse bañada por las aguas del Mar Caribe. Desde hace unos cuatro años aproximadamente inició un periplo que me llevo a terrizar a la mitad del mundo para ejercer su profesión; lo cual la ha llevado a pulirse respecto a su ejercicio. Se ha desarrollado en múltiples áreas en la rama de la ingeniería mecánica desde el diseño, mantenimiento, monitoreo, planificación, manejo y selección de materiales, servicios de venta y post venta, soporte en software de naturaleza EAM/ CMM; así como, dirección en el área de confiabilidad, específicamente en el área de equipos rotativos.

## ¿Pláticanos un poco de ti, que habilidades son necesarias para poder desempeñar tu trabajo?

Considero que la habilidad principal es empatía, se debe tener claro, lo cual implica conectarse con las necesidades y observaciones de las múltiples áreas que se desempeñan en referencia al diseño, operación y mantenimiento de un activo (equipo); considerando a su vez las expectativas y requerimientos planteados desde los distintos niveles de una organización. Gracias a la oportunidad que he tenido de desempeñarme en las distintas áreas implicadas sobre la operación y mantenimiento de un activo me ha permitido entender y comprender claramente que el ingeniero de confiabilidad es una pieza clave, ya que funge como articulador para que cada uno de los engranes que conforman la organización se acoplen y puedan llevar un ritmo coordinado en todo el proceso de la gestión de mantenimiento de un activo, el ingeniero de confiabilidad es quien maneja el lenguaje universal que permitirá ser un faro o guía hacia el logro de los objetivos y metas propuestas en la organización; esto aplica en múltiples sectores no solo al área de la ingeniería.

Además de la empatía resultan clave la proactividad, resiliencia, ser comunicativo, sistemático ordenado, adaptarse y ser receptivo a los cambios.

## ¿Algún consejo para las y los recién egresados de ingeniería?

Primeramente ser humildes ante ese extenso mundo al cual se inician; así como, tener confianza en sí mismo, todos iniciamos por esa etapa por la cual atraviesan y aún cuando abruman la cuantiosa información y consideraciones que se implica introducirse en este medio se deben tener claro los siguientes preceptos a fin de dar pasos firmes en cada avance de crecimiento profesional:

- Documentarse permanentemente, muy especialmente previo al abordaje de algún punto específico en el ejercicio profesional.

- Tener consideración de las observaciones planteadas por miembros específicos de la organización, filtrar (discernir) y amalgamar la información de valor agregado de estas con el punto anterior, a fin de desarrollar una base sólida de criterio propio.
- No tener temor de preguntar, preguntar y preguntar y de esas respuestas obtenidas digerirlas con las consideraciones primeramente planteadas.
- No dejarse ambivaler por la resistencia que encontrará al: “esto siempre se ha hecho así y ha funcionado”; debemos tener en cuenta que vivimos en un mundo que nos exige un cambio constante y fugaz; factores de resistencia siempre existirán, por lo cual resulta necesario visualizar las estrategias a implementar a fin de alcanzar la meta planteada ante cualquier reto en el ejercicio de la profesión y derribar esa clase de paradigmas dogmáticos bajo el marco del respeto profesional.
- Ser miembro de alguna organización, pertenecer y/o participar en foros donde se manejen temas relacionados a nuestra área.
- Capacitación y formación constante; esta última la sintetizo con una frase emblemática para mi persona manifestada por un filósofo norteamericano llamado Eric Hoffer quien expresó: “En una época de grandes cambios, el futuro pertenece para los que continúan aprendiendo, ya que los que aprendieron se encuentran preparados para un mundo que ya no existe”.
- Establecer un orden propio la dinámica del ejercicio de la profesión, lo cual nos permitirá ser asertivo en cada decisión tomada y a su vez nos irá cultivando grano a grano la solidez profesional y emocional.
- La más importante, todo ello enmarcado dentro de la honestidad, humildad y entereza.



## ¿Cual es tu siguiente objetivo profesional?

Lograr ejercer el campo de la docencia a fin de compartir y llevar a las aulas toda las experiencias acumuladas, a fin de acercar y preparar a lo estudiantes al terreno de batalla; permitirles transmitir esa familiaridad con los activos esa manifestación de la teoría al mundo práctico, ver como se manifiesta y lograr así despertar ese enamoramiento dinámico, cíclico y nutrido en el ejercicio de la profesión, que el estudiante al encarse con lo aprendido sienta en lugar de predisposición y temor se encuentre enrumbado y rápidamente tome de una forma abierta y receptiva el ejercicio en especifico de lo que ha aprendido al respecto en el aula sirviendole de guía o mapa de referencia.



## ¿Algo que te haya pasado dentro de tu profesión y que recuerdes con una sonrisa?

Un compresor centrígo, corazón de una planta petrolera en Venezuela, de la cual me hice cargo de su mantenimiento mayor y todo lo que ello implicaba (planificación y programación de actividades, manejo de repuestos, elaboración de partidas de su contrato, manejo de

logística, contratistas, servicio técnico, personal de las distintas áreas implicados, participación de disciplinas involucradas, presupuesto, entre otros...); así como, su arranque y monitoreo, recuerdo claramente que estudié palmo a palmo su manual de operación y mantenimiento y escuché de cada miembro de la organización su historia, me adentré tanto en ello que conocía de memoria muchos de sus datos, lo cual le resultaba sorprendente a muchos miembros de la organización y hasta me decían cariñosamente que ese equipo era mi hijo y me llamaban donde estuviese cada vez que el mismo presentaba alguna caída operacional u otro tipo de inconveniente. Me da muchísima satisfacción, ese equipo fue mi gran escuela y uno cuando siente verdadera vocación profesional se adentra tanto en los activos, en mi caso en las máquinas rotativas que llega a conocerlas a fondo y hasta logra palpar un patrón de comportamiento operacional en los mismos. Desarrollé un especial cariño por esa máquina.



## ¿Cuál es el mayor reto con el que se enfrenta WIRAM?

Lograr tocar la puerta y llegar al mínimo rincón de muchas mujeres profesionales de gran talento que se encuentran ejerciendo anónimamente trabajos extraordinarios. Latiónamérica es un territorio muy extenso que requiere conectar cada una de estas profesionales en una misma autopista de comunicación que nos permita cultivar, intercambiar y enriquecer nuestros conocimientos en el ejercicio de la profesion, tomar cada experiencia y logros, comunicarlos y manifestarlos para que cada interesada lo tome y tropicalice a su campo de ejercicio profesional y de este modo ser una organización que contribuya al avance dentro de esta área y dar el merecido reconocimiento a las mujeres profesionales que enfrentan un doble reto: su carrera y su familia.

## ¿A qué te dedicas en tu tiempo libre?

A los dos activos que son los de mayor valor para mí: primeramente a conectarme con Dios y el segundo a dedicarle el merecido tiempo a mi familia.

# CURSOS INDUSTRIALES

100% GRABADOS

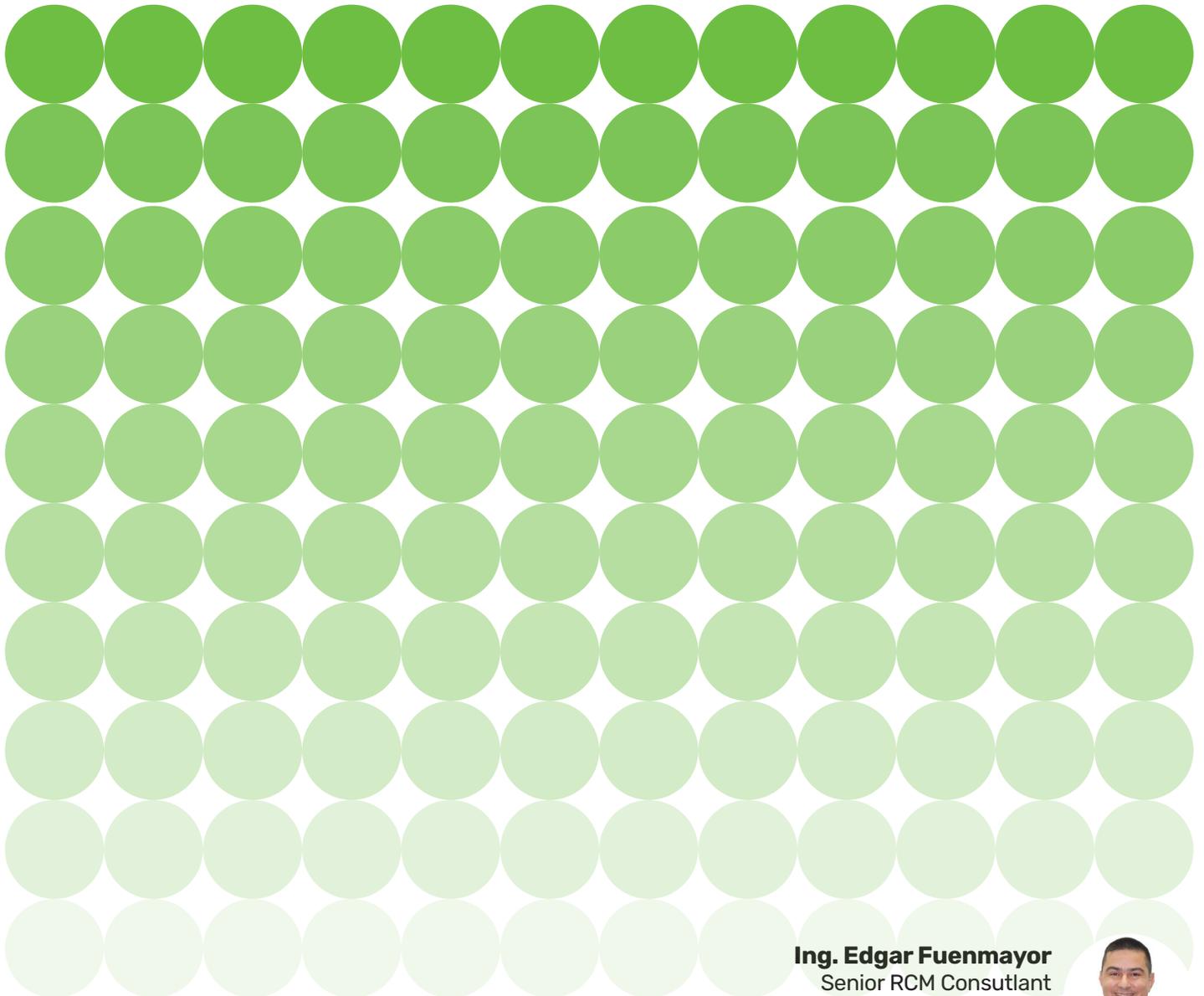
 Predyc



[predyc.com](http://predyc.com)

# Calculando la cantidad óptima de repuestos de alta rotación

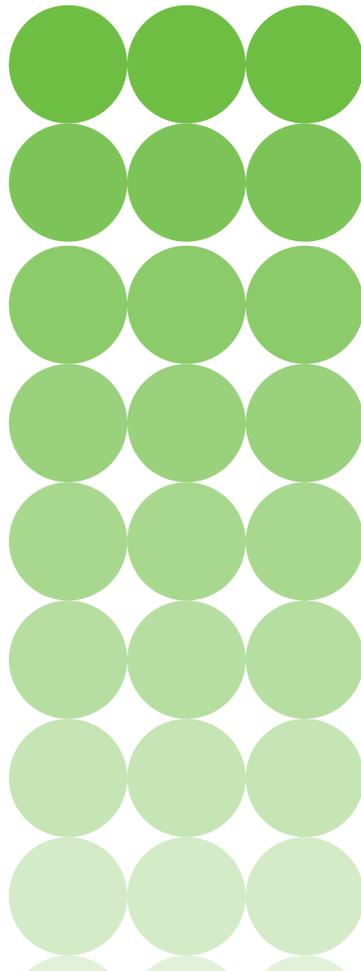
Caso de estudio basado en métodos y normas vigentes



**Ing. Edgar Fuenmayor**  
Senior RCM Consultant  
IME Industry Maintenance Engineering  
edgarfuenmayor1@gmail.com



¿Cuándo se debe pedir? y ¿Cuánto inventario se debe pedir? Si se mantienen inventarios demasiado altos, el costo podría llevar a una empresa a problemas financieros graves. Esto ocurre porque un inventario parado inmoviliza recursos que podrían ser mejor utilizados en funciones más productivas de la organización. Además, el inventario parado tiende a tornarse obsoleto y corre el riesgo de dañarse así como generar costos elevados de mantenimiento en el almacén. Por otro lado, si se mantiene un nivel insuficiente de inventario, podría generar consecuencias muy altas en cuanto a la producción no realizada durante la indisponibilidad del material en el almacén, lo cual genera reducción de ganancias o rentabilidad del negocio. El manejo de inventario ha llegado a la cumbre de los problemas de la administración de empresas debido a que es un componente fundamental de la productividad. La empresa de hoy tiene que ser productiva para sobrevivir y prosperar. En la mayoría de los negocios, los inventarios representan una inversión relativamente alta y producen efectos importantes sobre todas las funciones principales de la empresa, específicamente para el departamento de mantenimiento donde se requiere disponer de los materiales en el momento oportuno tanto para baja rotación como para alta rotación y de esta manera disminuir el lucro cesante debido a la indisponibilidad del repuesto durante el tiempo de reposición. En este artículo se mostrara la matemática utilizada para determinar los parámetros claves de inventario a través de la aplicación de un caso de estudio para un repuesto de un equipo crítico de una planta de proceso.



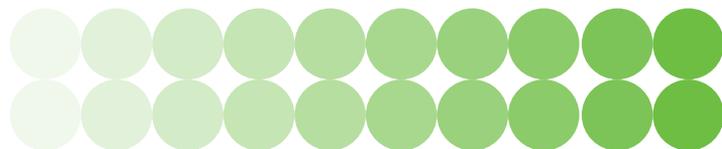
# RESUMEN

## 1.- Introducción

Los inventarios o stocks son la cantidad de bienes que una empresa mantiene en existencia en un momento dado. En una primera aproximación estos inventarios pueden ser de los siguientes tipos:

- Inventarios de proceso o de distribución.
- Inventarios cíclicos o de lote.
- Inventarios de seguridad.
- Inventarios especulativos.
- Materias Prima.
- Productos en Proceso.
- Productos Terminados.
- Materiales MRO (Mantenimiento, Reparación y Operaciones).

En la actualidad los inventarios de alta rotación representan un dolor de cabeza importante para cualquier departamento de mantenimiento ya que la indisponibilidad de ellos pudieran afectar de manera considerable la continuidad operacional de cualquier proceso productivo si se solicita y no se tiene disponible en el almacén debido a su criticidad. En muchos almacenes o bodegas de materiales para mantenimiento reposan repuestos de alto costo en estado de obsolescencia debido a que fueron solicitados para garantizar la continuidad operacional si llegase a ocurrir una falla funcional del activo físico y sobreestimaron los niveles de inventarios direccionando los recursos económicos hacia inversiones no rentables para la organización en el caso de repuestos de baja rotación o críticos. Por otro lado la clasificación y la criticidad de los materiales aun en día se lleva a cabo a través de la consulta a un experto de la planta para que sea el quien determine según su experiencia cuanto es el mínimo y el máximo para un determinado repuesto, incurriendo en el error de sobre estimar el pedido o quedar por debajo de lo que realmente se necesita para la maquina o activo físico. Una acertada gestión de inventarios para mantenimiento busca tomar las mejores decisiones para lograr minimizar la inversión en materiales sin correr el riesgo de tener pérdidas económicas originadas por la indisponibilidad de algún repuesto que interrumpa la continuidad de las operaciones. La gestión eficaz del inventario MRO es un reto complejo. Tradicionalmente, esta ha girado en torno a comprar de forma manual y subjetiva o con base en información histórica errónea.



## 2.- Comportamiento típico de los inventarios para mantenimiento

La gestión de los materiales MRO es más complejas que la de los inventarios de materias primas y productos terminados por las siguientes razones. Los inventarios para mantenimiento se comportan de manera muy diferente con respecto a los llamados inventarios convencionales como materia prima, material en proceso o producto terminado en los siguientes aspectos:

- La variedad de artículos.
- La diferencia de la demanda.
- La diferencia en precios.
- La diferencia en criticidad.
- La diferencia en tiempos de entrega.

## 3.- Factores que promueven el exceso de inventario de mantenimiento

- Estimación inicial de mínimos y máximos sin cambios.
- Política de gestión de inventario estacionaria.
- Falta de inversión para adquirir herramientas informáticas.
- Responsabilidades desalineadas.
- El sistema de gestión.
- El numero de almacenes.
- Punto de pedido elevado.
- Tamaño de pedido elevado.
- Desconocimiento de la obsolescencia.
- Variedad y complejidad de los artículos.
- Proyectos y situaciones especiales.
- Requerimientos de operaciones logísticas.

## 4.- Los costos en la gestión de inventarios para mantenimiento

- Costos de Ordenar.
- Costos de Almacenamiento
- Costos de Capital.
- Costos de Espacio de Almacenamiento.
- Costos de Servicios de Inventarios.
- Costos de Riesgo de Inventarios.
- Costos de Faltas de Existencias.

## 5.- Diez errores a evitar en la gestión de inventario para mantenimiento

1. Suponer los Tiempos de Reposición de inventario.
2. Falta de disciplina con la política de inventario.
3. Pensar que la sola estimación del nivel de inventario lo soluciona.
4. Desconocer la clasificación de los artículos.
5. Falta de indicadores para la toma de decisión.
6. Falta de capacitación del personal.
7. Creer tener un muy alto nivel de servicio.
8. Poco empleo de las herramientas tecnológicas.
9. Débil documentación de los procesos.
10. Control de accesos al inventario.

## 6.- Proceso de gestión de inventario

En el siguiente diagrama se muestra como la gestión de inventario parte de la definición de la política de inventario la cual nos lleva a una estrategia de inventario que debe estar alineada con los indicadores del negocio para que pueda ser implementada dicha estrategia y obtener la medición y evaluación del desempeño, y finalmente una revisión y validación por la gerencia lo cual da una retroalimentación a la estrategia de inventario completando de esta manera el ciclo del proceso.

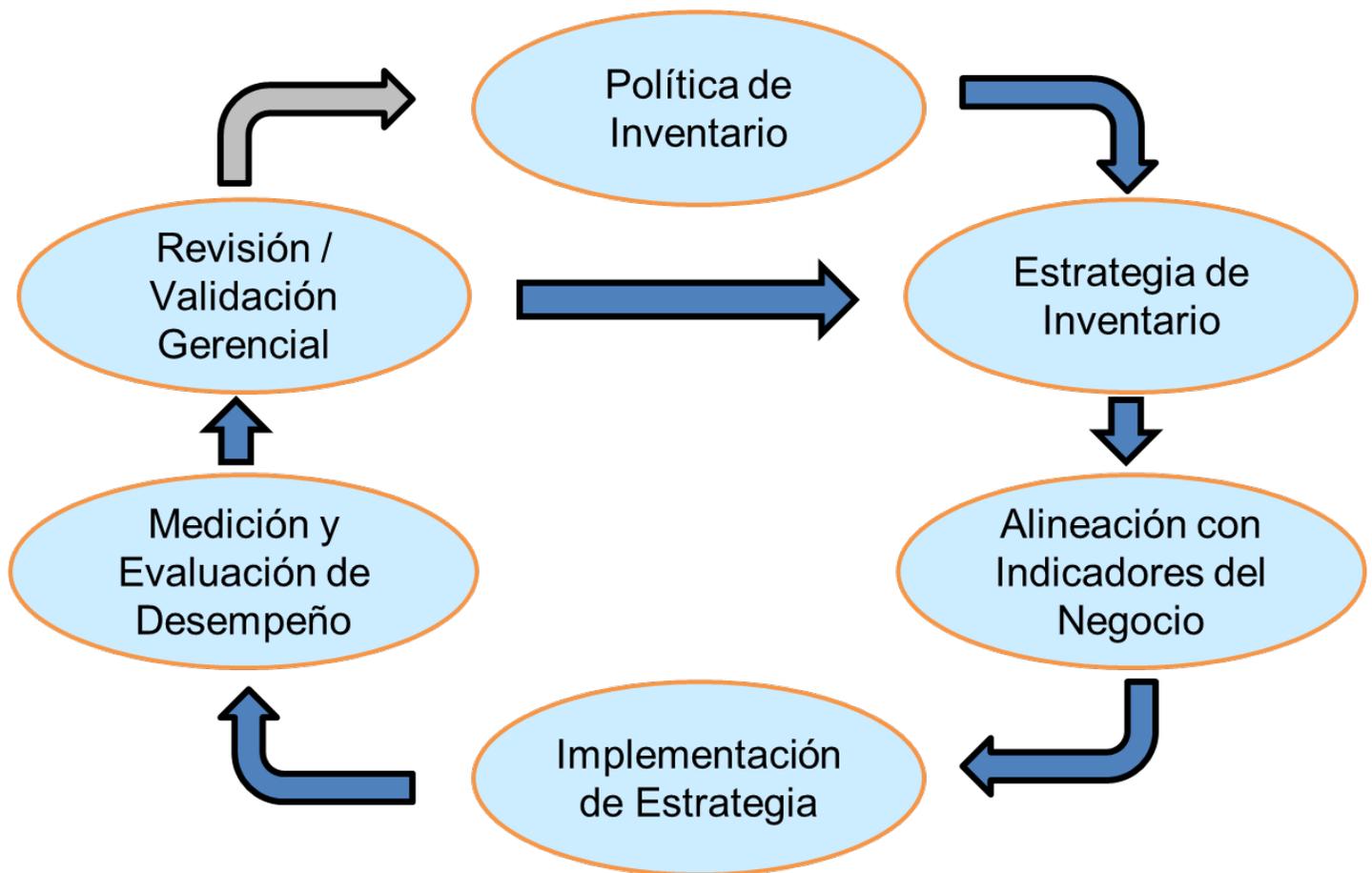


Figura N° 1. Proceso de Gestión de Inventario



## 7.- Políticas de reposición

Las políticas de reposición se refieren a la estrategia adoptada para reponer el nivel de inventario cuando este ha llegado a un nivel mínimo preestablecido o punto de pedido. Existen tres políticas de reposición básicas: 1) Método MIN/MAX 2) Método PP/CP y 3) Intervalo constante/Cantidad variable. En el caso de estudio mostrado en este artículo será utilizada la política de reposición de Punto de Pedido/Cantidad Económica de Pedido para la solución del problema ya que es recomendable para materiales con alta tasa de utilización.

## 8.- Clasificación de materiales para mantenimiento

Los materiales empleados durante la ejecución de las actividades de mantenimiento presentan diferentes características en cuanto a precios, demanda y criticidad, razón por la cual, desde el punto de vista de su administración, no deben ser tratados de igual manera. Si se quiere mejorar la eficiencia de la gestión de los materiales empleados en mantenimiento, la primera tarea que se debe emprender es agruparlos en función de esas características y así darles el tratamiento adecuado para que con la mínima inversión garantizar el nivel de servicio necesario y no correr el riesgo de interrumpir la continuidad de las operaciones. Desde el punto de vista de la tasa de utilización o Demanda se hace una primera clasificación en: Inventarios de artículos activos (Alta Rotación), Inventarios de artículos pasivos (Baja Rotación) e inventarios de materiales de consumo. Existen dos técnicas de clasificación: Clasificación ABC y Clasificación XYZ (Contreras, 2018).

### 8.1.- Clasificación ABC

Es la técnica de clasificación más ampliamente utilizada para clasificar los inventarios y su principal aplicación está en la clasificación de los inventarios con fines comerciales ya que permite determinar los artículos que tienen un alto valor de uso. Si bien es cierto que esta clasificación es de gran utilidad y contribuye a optimizar los inventarios, para los inventarios de mantenimiento no es la técnica prioritaria para clasificar los materiales ya que solo analiza los materiales que tienen demanda durante un periodo determinado, generalmente un año y precisamente en mantenimiento los materiales que tienen mayor impacto sobre el valor del inventario son aquellos que tienen una tasa de utilización o demanda extremadamente baja por lo que no se mueven durante periodos muy largos. El objetivo de esta técnica de clasificación es definir tres categorías de materiales denominadas materiales tipo A, materiales tipo B, y materiales tipo C. Los materiales tipo A son aquellos con el mayor valor de uso, los materiales tipo B son los que tienen un valor de uso intermedio y los materiales tipo C son aquellos

con el valor de uso más bajo. A pesar de lo explicado anteriormente, la técnica no debe ser descartada para clasificar los materiales de mantenimiento ya que se puede encontrar oportunidades para su optimización como reducción de precios; búsqueda de nuevos proveedores; disminución del punto de pedido; y disminución de la cantidad de pedido. (Contreras, 2018)

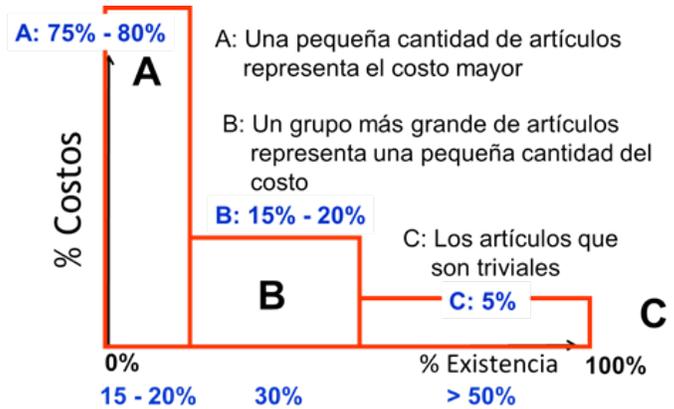


Figura N°2. Clasificación ABC - Pareto

### 8.2.- Clasificación XYZ

Esta técnica permite determinar tres categorías de materiales en función del valor que tienen respecto al valor total del inventario. La categoría X agrupa aquellos materiales cuyo valor representa un alto porcentaje del valor total. Típicamente este grupo está conformado por una pequeña cantidad y variedad de materiales que usualmente ronda entre el 5 y el 10% del total de materiales almacenados pero su valor generalmente supera el 60% del valor total del inventario. La categoría Y representa un valor y una variedad intermedia mientras que la categoría Z agrupa una gran cantidad de materiales, alrededor del 50% de toda la variedad de materiales almacenados, pero con un valor relativamente bajo que puede estar entre el 10% y el 20% del valor total del inventario. A diferencia de la clasificación ABC que se hace para un periodo determinado, generalmente un año, esta clasificación es realizada en cualquier momento y muestra como está distribuido el valor total del inventario en tres categorías denominadas X,Y,Z, cada una de las cuales comprende un porcentaje específico de todos los materiales almacenados. (Contreras, 2018).

## 9.- Analisis de criticidad - Jerarquización de materiales

En toda organización es imprescindible establecer una jerarquía entre los materiales en función del impacto que puede generar en la continuidad operacional la indisponibilidad de un repuesto cuando es necesitado y no está disponible en el almacén. Este impacto está vinculado con las consecuencias de la indisponibilidad y el tiempo de entrega del repuesto en el almacén. Se pueden obtener tres nivel de

criticidad: Alta Criticidad, Media Criticidad y Baja Criticidad. En un almacén típico de materiales para mantenimiento cerca del 10% de los materiales representan alrededor del 90% del valor total de los inventarios (Moncrief, 2006). En muchas organizaciones es evidente la necesidad de emprender un programa para la OPTIMIZACIÓN de sus inventarios y cualquier intento para lograr este objetivo debe comenzar por clasificar los materiales de acuerdo a su criticidad y valor para establecer prioridades en cuanto a los esfuerzos dedicados a la determinación de los parámetros y políticas de inventarios para los distintos materiales existentes en el almacén. (Contreras, 2018). Es de resaltar que las variables importantes para un análisis de criticidad es la indisponibilidad de no tener el repuesto cuando es necesitado en la planta para su continuidad operacional y el tiempo de entrega por el proveedor. Las consecuencias por la indisponibilidad se analiza preguntándose qué sucede si ocurre una falla funcional del elemento y vamos al almacén y no está disponible el repuesto lo que puede resultar en paralizar totalmente la producción, afectar parcialmente la producción o no sucede nada. Es muy común que en muchas organizaciones consideren para el análisis de criticidad como criterio el impacto en la seguridad, ambiente e imagen de la organización criterios no necesarios para este análisis. Cabe destacar, que esta matriz es un modelo que puede ser una representación para algunas empresas pero para otras se debe calibrar a la medida de la organización.

<b>INDISPONIBILIDAD</b>	<b>PARALIZA LA PRODUCCIÓN</b>	<b>MEDIA (2)</b>	<b>ALTA (3)</b>	<b>ALTA (3)</b>
	<b>LA AFECTA PARCIALMENTE</b>	<b>BAJA (1)</b>	<b>MEDIA (2)</b>	<b>ALTA (3)</b>
	<b>NO AFECTA LA PRODUCCIÓN</b>	<b>BAJA (1)</b>	<b>BAJA (1)</b>	<b>MEDIA (2)</b>
		<b>&lt; 10 DÍAS</b>	<b>ENTRE 10 Y 30 DÍAS</b>	<b>&gt; 30 DÍAS</b>
	<b>TIEMPO DE ENTREGA</b>			

Figura N°3. Matriz de Criticidad

Fuente: Gestión y Optimización de Inventarios, José Contreras. 2018.

## 10.- Diferencia entre consumo y tasa de utilización o demanda

El CONSUMO es la cantidad de unidades de un artículo que son retiradas del almacén en un periodo de tiempo dado. En producción es frecuente medir el consumo en unidades por semana, día o incluso horas. Sin embargo en mantenimiento los materiales se mueven más lentamente y es habitual medir el consumo en unidades por mes. Mientras que la TASA DE UTILIZACIÓN O DEMANDA es la cantidad de piezas utilizadas en determinado periodo de tiempo. Los modelos matemáticos para estimar la demanda de un repuesto específico asumen que el patrón de demanda es constante, pero en

realidad no es así, la demanda es variable y en el caso de materiales utilizados en mantenimiento fluctúa de manera considerable. Por otro lado, el concepto de demanda es similar al de consumo, pero a diferencia de este, se refiere a la cantidad de unidades solicitadas y no a las despachadas. Si existe suficiente stock, el consumo es igual a la demanda, ya que cada unidad solicitada es despachada. Si se presenta una ruptura de stock y durante este periodo se requieren materiales, la demanda será superior al consumo. Esta diferencia constituye el Back-log. Normalmente se prefiere calcular los inventarios de seguridad usando la demanda en vez del consumo ya que la demanda representa la necesidades reales del usuario.

## 11.- Tiempo de reposición

El tiempo de reposición es el tiempo comprendido entre la detección de la necesidad de comprar una cierta cantidad de un material y el momento en que este llega físicamente al almacén. El tiempo de reposición puede descomponerse fundamentalmente en dos partes: 1.- El tiempo que transcurre desde la detección de la necesidad de realizar la compra hasta que se emite la orden de compra. 2.- El tiempo que transcurre desde la emisión de la orden de compra hasta la recepción física del material. Este tiempo es muy importante para compras internacionales. El tiempo de entrega o reposición también conocido como "Lead Time", incluye los siguientes componentes:

- Tiempo para notificar que un artículo está por debajo del punto de pedido.
- Tiempo requerido para preparar y distribuir la orden de compra.
- Tiempo para colocar la orden de compra.
- Tiempo para que el proveedor prepare el pedido.
- Tiempo para entregar.
- Tiempo para recibir.
- Tiempo para almacenar y notificar lo recibido.

## 12.- Cálculo del punto de pedido – Punto de re-orden

Se define como el nivel de inventario para el cual se coloca un pedido para asegurar que no exista rotura de stock antes de que el pedido sea recibido y se calcula mediante la siguiente expresión:

<b>Punto de Pedido = Stock Mínimo + Stock de Seguridad</b>
--

Por su parte el stock mínimo se define como el nivel de inventario que podrá satisfacer la demanda durante el tiempo de entrega. Se calcula mediante la expresión:

$$\text{Stock Mínimo} = \text{Tiempo de Entrega Promedio} \times \text{Tasa de Utilización Promedio}$$

Por otra parte el stock de seguridad se calcula con la siguiente expresión matemática la cual está en función de un factor de seguridad (NºDAP) el cual está en función del nivel de confianza deseado. Existen tablas tabuladas para este factor de seguridad o NºDAP (Numero de la Desviación Absoluta Promedio). Para mayor detalle del análisis por favor consultar la bibliografía recomendada.

$$\text{Stock de Seguridad} = \text{Stock Mínimo} \times \frac{\text{Nº DAP} \times \text{Desviación Absoluta Promedio}}{\text{Tasa Promedio de Utilización Mensual}}$$

Es importante destacar que el punto de pedido también depende del stock de seguridad el cual es una cantidad adicional al stock mínimo que sirve de amortiguador a las variaciones de la demanda y su valor debe ser estimado de acuerdo a la criticidad del artículo en relación al nivel de confianza deseado. En la siguiente tabla se muestra como cambia el punto de pedido en relación al factor de seguridad (Z) y el nivel de confianza (NC).

Tabla N°1. Relación del Punto de Pedido con el Factor de Seguridad.

NC	Sm	Z	Desviación	DM	SS	PP
50	2,0	0	1,5	5	0	2,0
80	2,0	1	1,5	5	0,6	2,6
95	2,0	2	1,5	5	1,2	3,2
99	2,0	3	1,5	5	1,8	3,7
99,9	2,0	4	1,5	5	2,4	4,3
99,99	2,0	5	1,5	5	3,0	4,9

### 13.- Significado del nivel de servicio

En gestión de inventarios, el nivel de servicio es uno de los indicadores más importantes, se podría decir que el más importante desde el punto de vista operacional. El nivel de servicio se puede ver desde dos perspectivas, primero como predictor, interpretándose como la probabilidad de disponer de una pieza cuando es solicitada al almacén y en segundo lugar como resultado de la gestión de inventarios que representa la demanda atendida con respecto a la demanda total ver la ecuación (1), por ejemplo, si un artículo tuvo una demanda de 20 unidades en un mes y solo se atendió 18 unidades entonces el nivel de servicio fue de 90% (18/20). El nivel de servicio está relacionado con el nivel de confianza establecido en el stock de seguridad y el punto de pedido. El nivel de servicio representa la probabilidad de disponer del artículo en el almacén cuando es requerido en cualquier momento del año. El nivel de servicio será afectado negativamente si: El nivel de confianza es bajo, El tiempo de entrega es largo, y El número de pedidos es grande. El nivel de servicio será mejorado si se aumenta el stock de seguridad,

disminuye el tiempo de entrega y se realizan pedidos de grandes cantidades. De las tres opciones anteriores, la única que no implica incrementar el nivel de inventario y por lo tanto la mejor alternativa, es la disminución del tiempo de entrega, objetivo que se puede lograr agilizando los procesos administrativos necesarios para el desarrollo del ciclo pedido-entrega. (Contreras, 2018).

### 14.- Cantidad económica de pedido – Formula de Wilson

La cantidad económica de pedido (conocida por sus siglas en inglés como Economic Order Quantity o por la sigla EOQ), es el modelo fundamental para el control de inventarios. El principio del EOQ es simple, y se basa en encontrar el punto en el que los costos por pedir un producto y los costos por mantenerlo en inventario son iguales. La EOQ es la cantidad del pedido de compra para el reabastecimiento que minimiza los costos de inventario totales. El pedido se desencadena cuando el nivel de inventario llega al punto de re-orden. La EOQ se calcula para minimizar una combinación de costos, como el costo de compra (que puede incluir descuentos por volumen), el costo de almacenaje de inventario, el costo de pedido, etc. La optimización de la cantidad de pedido es complementaria a la optimización de las existencias de seguridad, que se centra en encontrar el umbral óptimo para desencadenar la re-orden. A continuación, se muestran los diagramas del modelo de Wilson con stock de seguridad y la gráfica de la combinación de los costos proyectados. En estos diagramas se puede observar que la cantidad económica de pedido es la cantidad de unidades que se deben solicitar una vez se llegue al punto de pedido o re-orden. En este modelo es importante la determinación del tiempo entre pedidos y el número de pedido por año, así como los costos de pedido o colocación y costos de almacenamiento.

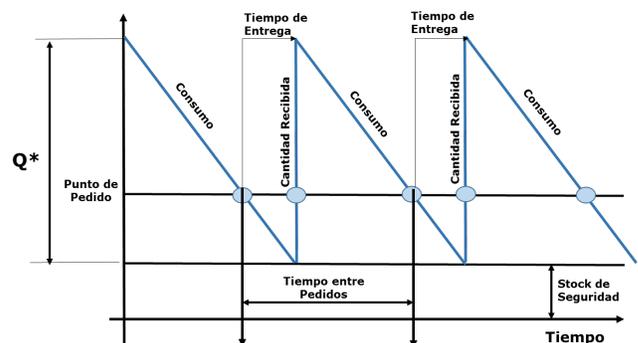


Figura N°4. Diagrama de consumo de un artículo.



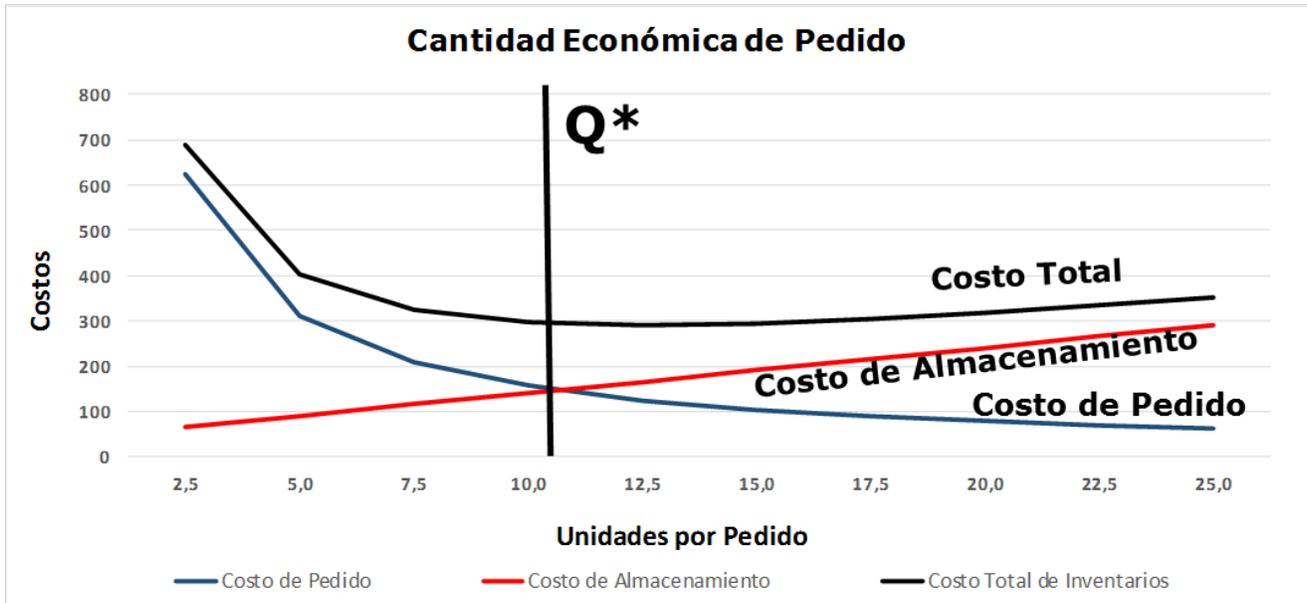


Figura N°5.

Diagrama de costo total de inventario.

A continuación, se muestran las ecuaciones importantes para determinar la cantidad económica de pedido de un artículo.

$$Cp = s \cdot N = \frac{s \cdot D}{Q}$$

$$Ca = g \cdot \left( \frac{Q}{2} + ss \right)$$

$$N = \frac{D}{Q}$$

$$T = \frac{365}{N}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot D}{g}}$$

$$\text{Coste inventarios} = Cp + Ca = \frac{s \cdot D}{Q} + g \cdot \frac{Q}{2}$$

### NOMENCLATURA:

$Cp$  = Costo Anual de Pedido  
 $s$  = Costo de Realizar un Pedido  
 $N$  = Numero de Pedido  
 $T$  = Tiempo entre Pedidos  
 $D$  = Demanda Anual  
 $Q$  = Cantidad optima que permite a la empresa minimizar los costos de inventarios  
 $SS$  = Stock de Seguridad  
 $g$  = Costo de Mantener una Unidad en el Almacén  
 $Ca$  = Costo de Almacenamiento  
 $CT$  = Costo Total de Inventario  
 $CT = Cp + Ca$   
 $Q$  = Cantidad Optima que permite a la empresa minimizar los costos de inventarios

## 15.- Caso de estudio

Una empresa petroquímica tiene instalado en una de sus plantas un repuesto de alto consumo para un equipo crítico con un tiempo de reposición igual a 30 días y la indisponibilidad del repuesto no afecta totalmente la producción del proceso productivo. El repuesto tiene un costo por unidad de 100\$ y el costo de realizar el pedido es 30\$, el costo de mantenimiento en el almacén es 20% del precio de compra. La tasa de utilización o demanda es como se

muestra en la siguiente pantalla de la herramienta computacional ADA-REPUESTOS. La herramienta computacional usada permite conocer la criticidad del repuesto para luego poder determinar los parámetros claves de inventarios tal como se describió a lo largo del artículo. Cabe destacar, que para la solución de este problema la herramienta hace uso de la distribución normal ya que estamos en presencia de un repuesto de alta rotación es decir al menos una pieza es consumida por mes. ¿Determinar los parámetros claves de la gestión de inventarios?

Tabla N°2. Datos de entrada y resultados de la herramienta

DEMANDA MENSUAL				TIEMPO DE REPOSICION	
Enero	<input type="text" value="2"/>	Julio	<input type="text" value="2"/>	Tiempo Administrativo (Días)	<input type="text" value="5"/>
Febrero	<input type="text" value="4"/>	Agosto	<input type="text" value="1"/>	Tiempo del Proveedor (Días)	<input type="text" value="25"/>
Marzo	<input type="text" value="7"/>	Septiembre	<input type="text" value="7"/>	<b>CONSECUENCIAS POR INDISPONIBILIDAD</b>	
Abril	<input type="text" value="3"/>	Octubre	<input type="text" value="8"/>	<b>NO AFECTA LA PRODUCCION</b>	
Mayo	<input type="text" value="5"/>	Noviembre	<input type="text" value="5"/>	<b>CRITICIDAD DEL COMPONENTE</b>	
Junio	<input type="text" value="6"/>	Diciembre	<input type="text" value="2"/>		
Demanda Anual	<input type="text" value="52"/>	Unidades			
Demanda Promedio	<input type="text" value="4"/>	Unidades			
Orden Múltiplo de	<input type="text" value="4"/>	Unidades			
Costo de Realizar un Pedido		<input type="text" value="30"/>	Costo Unitario del Artículo		<input type="text" value="100"/>
Costo de Almacenamiento %		<input type="text" value="20"/>	Costo de Almacenamiento		<input type="text" value="20"/>
RESULTADOS					
Punto de Pedido	<input type="text" value="6,82"/>	Nivel de Confianza (%)	<input type="text" value="90"/>		
Nivel de Servicio (%)	<input type="text" value="96,58"/>	Índice de Rotación de Inventario	<input type="text" value="5"/>		
Cantidad Económica Óptima de Pedido	<input type="text" value="12,49"/>	Costo de Pedido	<input type="text" value="124,90"/>		
Numero de Pedido por Año	<input type="text" value="4,16"/>	Costo de Almacenamiento	<input type="text" value="124,90"/>		
Tiempo entre Pedido	<input type="text" value="87,67"/>	Costo Total Anual	<input type="text" value="249,80"/>		



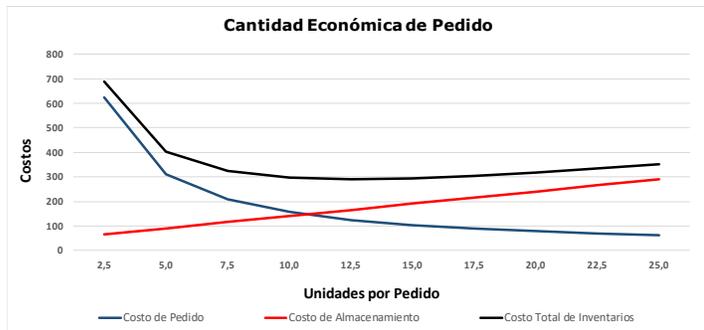


Figura N°7. Grafica de los costos de inventario

En este caso de estudio se puede observar que de acuerdo a la política de reposición empleada el punto de pedido es igual a 6,82 unidades es decir cuando se llegue a 6 o 7 unidades se debe colocar una orden para comprar 12,49 unidades o 12 unidades y de esta manera garantizar la continuidad operativa de la máquina. El nivel de servicio esperado es igual 96,58% y la criticidad del artículo es baja de acuerdo a la indisponibilidad y tiempo de entrega del componente. El número de pedido por año es aproximadamente igual a 4 pedidos. El tiempo de entrega entre pedido es igual 87,67 días aproximadamente igual a 88 días y un costo total igual a 249,80\$. En la gráfica se muestra como los costos de almacenamiento se incrementan con la cantidad de artículos en el almacén mientras los costos de colocación disminuyen.

## 16.- Conclusiones

En este trabajo de investigación se pudo mostrar la importancia de los inventarios de alta rotación o elementos activos ya que en cualquier departamento de mantenimiento es imperativo conocer **¿CUÁNDO PEDIR?** y **¿CUÁNTO PEDIR?** de tal manera de no impactar de manera considerable el proceso productivo. En conclusión, los departamentos de mantenimiento de cualquier organización deberían invertir tiempo y recursos para conocer los parámetros de inventarios y que los mismos puedan ser actualizados de manera constante ya que estos indicadores no son estáticos por el contrario cambian con el desgaste y uso normal de la máquina. Es de resaltar, que nunca se debe preguntar a ningún experto cuáles son los niveles de inventarios necesarios según su experiencia sino cual es el impacto de no disponer del repuesto en el almacén y cuál sería el tiempo medio para la falla del artículo objeto de estudio. Una acertada gestión de inventarios para mantenimiento busca tomar las mejores decisiones para lograr minimizar la inversión en materiales sin correr el riesgo de tener pérdidas económicas originadas por la indisponibilidad de algún repuesto que interrumpa la continuidad de las operaciones. La gestión optimizada de los materiales para mantenimiento debe tener la importancia requerida para garantizar que cuando

ocurre una falla funcional de un activo físico el mismo pueda ser restaurada su función en el menor tiempo posible y con las consecuencias económicas más bajas posibles.

## 17.- Bibliografías

Ramesh Gulati, "Maintenance and Reliability Best Practices", Third Edition, 2021, Industrial Press, Inc.

José Contreras Márquez, "Gestión y Optimización de Inventarios para Mantenimiento", Primera Edición, 2018. [www.mantenimientoeficiente.com](http://www.mantenimientoeficiente.com)

John D. Campbell and James V. Reyes – Picknell, "Uptime", Strategies for Excellence in Maintenance Management, 2016, CRC Press.

Edgar Fuenmayor, "Tenencia Optima de Repuestos de Baja Rotación", 2013. Revista Confiabilidad Industrial Deposito Legal PP200802AN2035.

Carlos Parra y José Contreras Márquez, "Priorización de Repuestos por Criticidad y Valor Económico", 2013, IngeCon.

Slater Phillip, "Smart Inventory Solution. Improving the Management of Engineering Materials and Spare Parts". 2010. Industrial Press Inc.

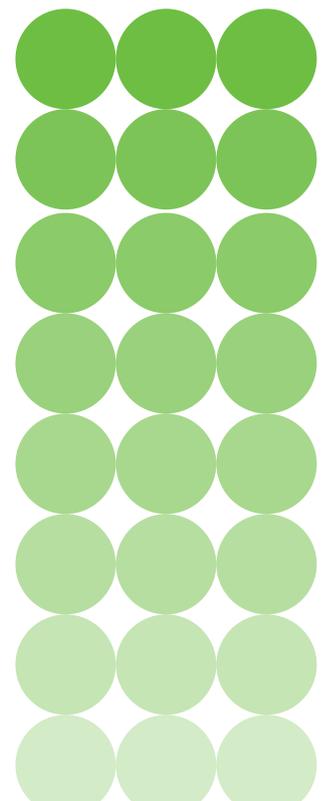
Eugene Moncrief, Schroder Ronald, Michael Reynolds, "Optimizing the MRO Inventory Asset Production Spare Parts". 2006. Industry Press Inc.

Brown Michael, "Managing Maintenance Storerooms". 2004. Audel. Wiley Publishing Inc.

Richard Macinnes, Stephen Pearce, "Strategic MRO", 2003, Productivity Press.

John Woodhouse, "Managing Industrial Risk, Getting value for money in your business", London 1993, Chapman & Hall.

Ángel Díaz Matalobos, "Gerencia de Inventario en Mantenimiento", Primera Edición, 1991, Ediciones IESA.



# ¿Es la **Gestión de Activos** una prioridad para la compañía en el **2022**?

**Solex** es un implementador con 24 años de experiencia del sistema **IBM Maximo** líder mundial en soluciones **EAM**.



## Lo invitamos a conversar acerca de:

- Implementación de **Maximo** a la medida de sus necesidades.
- Cómo integrar **SAP** con **IBM Maximo EAM**, aprovechando las inversiones existentes.
- Alineación con la **ISO 55000** del ciclo de vida completo de los activos.
- Gestión del Cambio Organizacional en la implementación de **Maximo**, alineado a la Gestión de Activos.
- Soporte y servicios posteriores a la implementación.

Incluya a **Solex** como especialista en **IBM Maximo** dentro de su plan del 2022.

Escribanos y programe una sesión estratégica para hablar de sus necesidades. Conoce más detalles en:  
[www.solex.biz/ibm-maximo/](http://www.solex.biz/ibm-maximo/)

# Control de vibraciones en línea

Cómo utilizar la tecnología para aumentar la fiabilidad de las máquinas



**Jean Rosales**

Ingeniero en Mantenimiento  
y Aplicaciones en Tractian

[jrosales@tractian.com](mailto:jrosales@tractian.com)



## TRACTIAN



Invertir en nuevas tecnologías para garantizar la fiabilidad y disponibilidad de las máquinas, es una estrategia que no puede dejarse de lado. La modernización del funcionamiento es esencial para agilizar las tareas y lograr la excelencia productiva.

Hoy, sin embargo, **la Industria 4.0 es una realidad, y junto a ella la búsqueda constante de la reducción de costos y la optimización del mantenimiento.** En este contexto surge la supervisión de maquinaria y equipos en línea. Su objetivo es analizar, las vibraciones de las máquinas en tiempo real, entre otros parámetros, garantizando que estén siempre disponibles, sean fiables y funcionen como se espera.

**A través del monitoreo de vibraciones en línea, podemos saber todo lo que le ocurre a una máquina en cualquier momento del día, desde cualquier lugar.** Esta técnica predictiva en auge ofrece al personal de mantenimiento una mayor facilidad para gestionar los procesos y decidir sobre ellos, así como para prevenir fallas y mantener la operación predecible y bajo control.

El crecimiento del mercado de los sensores de monitoreo se debe principalmente a su eficacia para prevenir fallas inesperadas, así como para ayudar a planificar la rutina de mantenimiento, una herramienta clave en el mantenimiento predictivo. Fusionados con la tecnología IoT y el software de Inteligencia Artificial, los sensores de vibración acoplados a las máquinas recopilan y analizan la información clave sobre ellos en tiempo real, y luego la transforman en datos y gráficos, los cuales **a través de una representación visual muestran el estado y el rendimiento de la máquina.**

Conociendo el estado real de la máquina, resulta más fácil elegir buenas acciones de mantenimiento en el plan y, en consecuencia, mejorar los indicadores de rendimiento más importantes, como la fiabilidad.

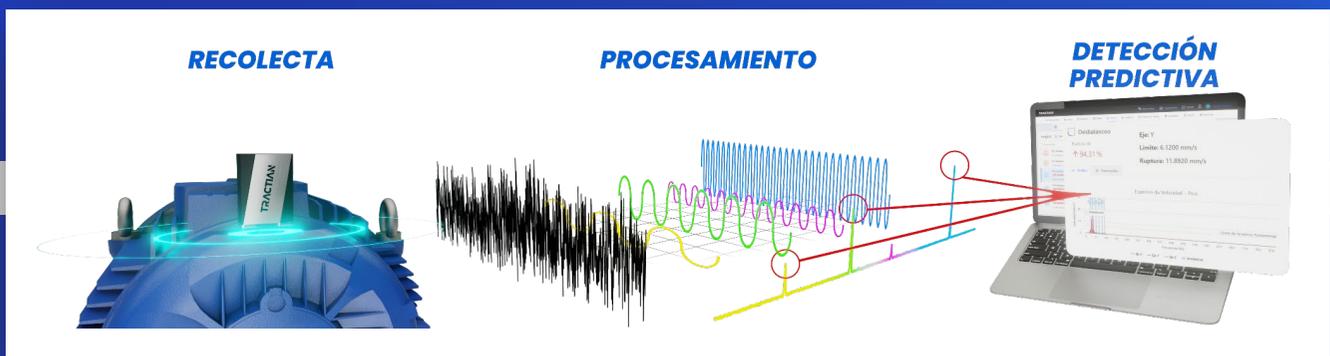
## ¿Qué es el análisis de vibraciones y cómo puede utilizarse para identificar fallas?

Hoy en día, la mayoría de las máquinas y equipos tienen piezas móviles que generan fricción y, por tanto, vibran. La vibración es el factor ideal para la recopilación de datos, debido a la posibilidad de implementar sensores de vibración en una amplia variedad de equipos. El Machine Learning detrás de estos dispositivos crea una amplia base de datos para que el software pueda hacer análisis más precisos, llevando información confiable y asertiva al equipo de mantenimiento.

La recolecta de estas vibraciones se realiza **a través del acelerómetro del sensor**, que mide el desplazamiento, la velocidad y la aceleración del bien, en los 3 ejes (X, Y, Z). El dispositivo también cuenta con una alta frecuencia de recolección y sensibilidad, lo que permite el uso en maquinaria con altas RPM y la recolecta de

las vibraciones más discretas, creando mejores patrones.

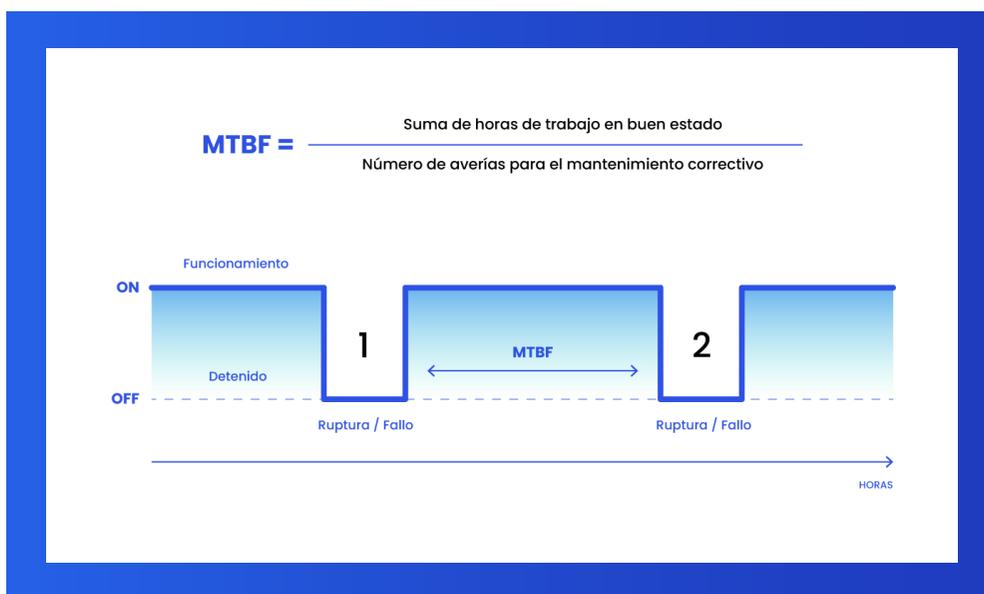
**El análisis de la muestra espectral de cada máquina ya es rutinario en las industrias,** siendo realizado periódicamente por técnicos con conocimientos en análisis y mantenimiento de vibraciones. Sin embargo, al realizar el análisis a simple vista y basándose en las observaciones del técnico sobre el buen funcionamiento de la máquina, se pierde gran parte del historial y el conocimiento de sus patrones de vibración, lo que dificulta el diagnóstico. Por eso el **monitoreo online está en auge en el movimiento de la Industria 4.0:** utiliza el Machine Learning para identificar el deterioro en la muestra espectral de una máquina y generar información correcta sobre la causa del problema.



## Control de vibraciones y fiabilidad en línea

Entendemos la fiabilidad como la probabilidad de que una máquina cumpla su función durante un periodo determinado. El cálculo de esta probabilidad es importante precisamente porque indica al responsable de mantenimiento hasta qué punto puede confiar en ese equipo, asegurándole (o no) que la producción seguirá el flujo esperado.

El mejor aliado del personal a la hora de medir este importantísimo indicador de los equipos es el Tiempo Medio entre Fallos (MTBF), que permite calcular el número medio de horas, días o semanas de buen funcionamiento de un activo entre fallas, en función del tiempo durante el que estuvo en funcionamiento. Cuanto mayor sea el valor MTBF, mayor será la fiabilidad de la máquina, ya que tardará más en fallar.



Mediante este cálculo, es posible conocer la probabilidad de que un motor eléctrico fundamental para la producción funcione como se espera durante los próximos 30 días. Sin embargo, para que esto sea posible, el equipo necesita tener a su alcance los datos exactos y actualizados de la maquinaria, que se recogen y analizan en tiempo real mediante el monitoreo de vibraciones en línea.

Soluciones como TRACTIAN, un sistema predictivo que junta el monitoreo en línea y la gestión de maquinaria, permiten escuchar y registrar la información principal emitida por las máquinas, y utilizarla para calcular automáticamente la fiabilidad de cada una, entregando resultados precisos y fiables. Al adelantarse a las fallas y controlar las vibraciones de la máquina con la ayuda de la inteligencia artificial, se potencian sus indicadores clave de funcionamiento, especialmente la fiabilidad.

## Identificación de fallas reales con la supervisión de vibraciones en línea



Sensor Tractian acoplado en un activo

### El futuro de la industria

Como mencionamos anteriormente, **la digitalización de los procesos industriales es ya una realidad y está intrínsecamente ligada a la optimización de las actividades de mantenimiento y a la excelencia productiva.** Así, la supervisión de las vibraciones en línea ha dejado de ser una simple ventaja y, de hecho, es esencial para la competitividad de la industria.

Al medir la vibración de más de 30 tipos diferentes de máquinas en tiempo real, el sistema predictivo de TRACTIAN reduce los costos y facilita la vida de miles de profesionales del mantenimiento ubicados en alrededor de siete países. En 2022, la compañía, que es una de las empresas de SaaS

de más rápido crecimiento en el mundo, llega a México para modernizar definitivamente los procesos industriales del país, aumentando la fiabilidad de los activos y la eficiencia en la gestión del mantenimiento.

El futuro de la industria es predictivo, y para ello es necesario implementar un verdadero mantenimiento predictivo, aquel que mantiene alta la fiabilidad de la maquinaria porque se basa en datos de vibración realmente precisos, recogidos en tiempo real y analizados por herramientas de inteligencia artificial. Al fin y al cabo, **cuanto más se apoye al personal en tecnología, los datos reales y las actividades de prevención estratégicamente definidas, mayor será la confianza que se puede depositar en los equipos.**

En febrero de 2021, la plataforma envió a uno de los líderes de mantenimiento que utiliza el sistema predictivo TRACTIAN un aviso sobre el continuo crecimiento de la vibración de una de las mezcladoras (equipo muy importante para la operación), lo que motivó la ejecución de un mantenimiento preventivo en la máquina. Poco después del mantenimiento preventivo, **se produjo una reducción de aproximadamente el 40% de las vibraciones del equipo,** lo que evitó el desgaste prematuro y los futuros tiempos de inactividad debidos al mantenimiento no programado.

“Con esta visión generada por la Inteligencia Artificial pude realizar un mantenimiento preventivo inmediato y así evitar un daño grave que podría haber sido causado por el desequilibrio”, informa el jefe de mantenimiento en cuestión.

El seguimiento de las variables de vibración realizado por los sensores es constante, y los datos recogidos se transforman automáticamente en análisis precisos. **Esto hace que, como en el ejemplo real citado, aumenten la fiabilidad y la disponibilidad y disminuyan las intervenciones no programadas en el activo.**

**TRACTIAN**

# Anticipa fallas en los equipos con el sensor Tractian.

¡Visita [traction.com.mx](https://traction.com.mx) y descúbrelo!



DESBALANCE DETECTADO

TRACTIAN



Compatible con motores, compresores, y más de 30 categorías de equipos rotativos.

**TRACTIAN**

# Carlos Parra



Al final somos técnicos, somos ingenieros, la misma experiencia que te va dando el día a día también te permite abrir un poco más el uso de las distintas metodologías

## Carlos Parra, uno de los profesionales más influyentes dentro de la comunidad de mantenimiento y confiabilidad, ¿Dónde se encuentra actualmente y qué está haciendo?

Muchas gracias a Predictiva21 por esta oportunidad.

Estoy viviendo en la ciudad de Panamá, justamente nos movimos aquí por un proyecto que inicialmente ganamos en el canal de Panamá donde hace seis años se llevo a cabo una propuesta de implantación de un modelo integral de gestión de mantenimiento. Nosotros ganamos esa licitación y bueno, nos ubicamos inicialmente allí y a partir de ese momento de Panamá nos empezamos a mover al resto de Latinoamérica en distintos proyectos y en distintas empresas. En Panamá hemos trabajado con empresas de

transmisión eléctrica nacional, compañía del metro.

Hemos hecho varias actividades por la ubicación que tiene Panamá en el medio y por lo mismo que está muy bien conectada nos permite movernos muy fácilmente hacia Norteamérica, México, Estados Unidos, Centroamérica y hacia abajo que es Sudamérica que ha sido como nuestra área normal de operaciones con respecto a los proyectos asociados a las técnicas de mantenimiento y confiabilidad.



## ¿Cuáles fueron sus inicios en el mundo de la ingeniería?

En los años 90 que fue la fecha en que yo me gradué en Venezuela de ingeniero naval. Al principio tuve la oportunidad de trabajar en el sector de empresas que le daban soporte al sector marítimo petrolero, sobre todo en la zona del Lago de Maracaibo donde llegaban embarcaciones para soporte de perforación, el área lacustre. Básicamente siempre ligado a todos los procesos de mantenimiento en unidades navales en el sector petrolero.

A partir de allí me moví al sector de la industria petrolera específicamente en áreas como refinación, petroquímica, en general, la industria petrolera me movió mucho en distintas áreas. Tuve la oportunidad de conformar lo que se llamaron “los primeros grupos de ingeniería de confiabilidad” en la industria petrolera venezolana, allí en realidad fue mi entrada a ese sector sobre todo del uso de técnicas de optimización, en esa época comenzábamos a escuchar técnicas como mantenimiento centrado en confiabilidad, inspección basada en riesgos, análisis de causa –

raíz y modelo de criticidad. Fue también cuando comenzamos a introducir un término que hoy en día se conoce como gestión de activos, asset management, que en esos momentos, en los años 90, era un proceso que era considerado bastante insipiente y se puede decir que hasta un poco desordenado, la forma en cómo se venían aplicando todas estas técnicas en ese medio de desorden controlado. En la industria petrolera que en ese momento era muy pujante, había mucho dinero, se estaba invirtiendo mucho en formación y nosotros estábamos ahí en el momento adecuado. Sobre todo porque nosotros pudimos aprovechar, no solo la formación con lo último de ese momento, con las nuevas tecnologías, con las nuevas metodologías del mundo del mantenimiento, sino que también se nos abrieron las puertas para que todo lo que aprendíamos en los cursos o con las herramientas que estábamos siendo adiestrados, lo podíamos implantar.

Teníamos un laboratorio que era la industria petrolera de

aplicación abierta, lo cual fue muy interesante. Por citar un ejemplo si se iba a dar un curso de RCM, ahí mismo a los dos meses se tenía que ir a hacer la aplicación real. No era solo el curso teórico o en un aula, sino que te daban tu curso de análisis causa – raíz y tenías que ir a aplicarlo directamente, porque claro esa también era una manera de justificar lo que habías aprendido, pero había un ambiente muy abierto de optimización. No está fácil que se compaginen esas cosas un adiestramiento y que a la vez te están dando la oportunidad de implantar.

Aparte de que aprendíamos haciendo, también teníamos la opción de generar propuestas de mejora, lo cual era otra cosa muy interesante. No nos quedábamos simplemente con el método tradicional, sino que decíamos bueno, a este método de RCM yo puedo hacerle una pequeña modificación, introducirle aquí un análisis de riesgo, algo de análisis estadístico, no nos quedamos simplemente con la receta que ya existía. Nos dábamos cuenta que como toda metodología, siempre hay un paso a paso que hay que seguir pero al final tú puedes mejorarlo.

Al final somos técnicos, somos ingenieros, la misma experiencia que te va dando el día a día también te permite abrir un poco más el uso de las distintas metodologías y eso fue una experiencia muy interesante en esos primeros años 90, donde tuve esa oportunidad de formarme y hacer aplicaciones reales y aparte, estar metido dentro de un proyecto donde en esa época era por ejemplo un proyecto de optimización de la confiabilidad operacional de toda la industria petrolera, que eso también luego yo tuve la oportunidad de ir a un centro de investigación luego de que ya había pasado por las áreas operacionales, y desde ese centro de investigación íbamos a prácticamente, o yo tuve la oportunidad de ir a todas las áreas, es decir, ir a refinería, ir a petroquímica, ir a gas, que eso no es tan sencillo porque cuando de repente uno comienza en un sector por ejemplo una refinería pues tú te quedas allí nada más, el salir justamente y moverme a ese centro de investigación me permitió entonces moverme a prácticamente todo el sector petrolero.

Después de esa experiencia, después de haber estado ya más de 15 años en la industria petrolera aplicando y generando mucha optimización en distintas técnicas de mantenimiento y confiabilidad, logro ganar una beca para ir a España a desarrollar el doctorado en Ingeniería Industrial en la Universidad de Sevilla donde se maneja una línea de investigación dirigida por el profesor Adolfo Crespo, quien fue posteriormente mi tutor de doctorado, que tiene que ver con técnicas de optimización de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad. Hoy en día hay un grupo de investigación que se llama “Sistemas Inteligentes de Mantenimiento” que lo sigue manejando el profesor Adolfo Crespo. Ahí yo en ese grupo terminé haciendo mi tesis de doctorado, que fue una tesis relacionada con técnicas de ciclo de vida, el impacto económico de la confiabilidad en el ciclo de vida.

Una vez que yo finalizo el doctorado, mantengo mucha vinculación con la asociación y hacemos muchas actividades en conjunto. Cuando

yo regreso a Latinoamérica y monto mi empresa, yo mantengo el cordón umbilical con la asociación y digamos yo soy el que traigo a Latinoamérica todo ese modelo de gestión que desarrollamos allá en el grupo de investigación y desde aquí desde Latinoamérica lo he llevado a los distintos sectores industriales saliendo también del rubro petrolero. Ese fue también otro caso interesante, las primeras empresas del sector petrolero en España, por ejemplo empresas del sector eléctrico como Iberdrola.

Luego tuve la oportunidad de ir a empresas como fábricas de cerveza como Heineken, la planta Forbe de Valencia en España, ahí comenzamos a trabajar en proyectos con la armada, el sector militar, era una adaptación a todas estas metodologías pero a sectores militares, que ya es una connotación diferente al sector industrial. Pero digamos, también las primeras experiencias fuera de ese sector en el que yo me formé, que fue la industria petrolera, y eso pues me abrió también un poco las expectativas hacia la forma donde se podían implantar todas estas técnicas en cualquier área porque al final todas estas metodologías de optimización finalmente se adaptan a cualquier sector industrial.

Entonces bueno, ese ha sido un resumen de los últimos 15 o 20 años sobre lo que he hecho, en lo que me he desarrollado una vez que finalicé también ese doctorado y continuamos en este mundo de la asesoría, de la ingeniería en mantenimiento y la ingeniería en confiabilidad.



*Por supuesto yo nunca me deslindé de la industria*

Justamente cuando comienzo a hacer el doctorado en la Universidad de Sevilla tuve que hacer un pequeño reajuste porque yo venía del sector industrial, mis primeros años fueron principalmente en la industria, directamente en mantenimiento, comenzando desde ejecución, planeación, programación hasta algo de corte gerencial, pero siempre en la industria. Entonces claro, cuando voy a hacer el doctorado tengo que cambiarme la camiseta, es un doctorado, una investigación, pero tuve la suerte de caer en un grupo que tenía esa visión también de que no era el típico grupo de investigación que se queda solo dentro de un laboratorio, que no sale de las aulas, no, me tocó profesores que tenían también esa muy buena formación técnica pero que también tenían la buena formación académica y que entonces ellos veían esa opción interesante de siempre tratar de traducir lo que tú puedes desarrollar en la academia y en investigación, pero llevarlo al terreno. Fue algo muy interesante porque tú llegas a ese grupo, en ese grupo de investigación en Sevilla pues me doy cuenta de que muchas de las aplicaciones se podían mejorar por supuesto, ahora ahí si entra el aporte de investigadores, profesores con mucha experiencia que te permite ver las cosas de manera distinta, ahora también tienes tú una posición un poquito diferente porque ya no estás en la presión del día a día desde la planta, no, ya al revés, yo ya tenía más bien tiempo, tenía tiempo de ponerme a pensar, de analizar las distintas etapas del método de

optimización.

Entonces es como un escenario muy interesante porque ahora desde otra oposición, tú te das cuenta que podías hacer mejoras. Pero sin perder de vista que luego esas mejoras, por supuesto había que volver a llevarlas otra vez a la industria.

Entonces bueno, esa experiencia fue muy interesante y fue muy retadora.

**Que interesante el poder estar en el origen de algunos de los conceptos y terminologías, como lo decía en relación a la gestión de activos. Usted pudo ver toda esta evolución que tuvieron todos estos conceptos en los últimos 20 años. Y bueno, hablando un poquito de su trayectoria tan diversa me gustaría saber, ¿Cuáles son los principales retos a los que se ha enfrentado como profesional?**

Primero pues readaptarme de venir de un sector netamente industrial, a un proceso de investigación como lo es un doctorado porque claro, en un doctorado también tú tienes que ahora alinearte, no solo vas a recibir clases, sino en un doctorado tienes que proponer algo nuevo, tienes que pensar también en escribir, tienes que sentarte a escribir bajo un formato específico, porque no es escribir cualquier cosa, tienes que escribir documentos de

investigación, tienes que buscar revistas indexadas para que tu trabajo sea reconocido, porque eso forma parte de la movida, no es simplemente entregar la tesis del doctorado, no, bueno tú para llegar a esa instancia te obligan a que tienes que mínimo haber puesto primero dos artículos en revistas indexadas a nivel internacional, o que tu trabajo haya sido evaluado por pares técnicos que tengan ya un doctorado.

hiciese como resultado de la investigación, tenía ahora que yo llevarlo a la industria. Entonces esa parte también se convirtió en un reto porque por ejemplo en el caso de mi tesis de doctorado, que fue que generé la publicación indexada, la cual incluyó un modelo matemático, estocástico, para poder cubrir las necesidades de investigación, luego de tener yo todo esto hecho dije “bueno, ¿y ahora qué? ¿Qué hago con esta investigación”, entonces bueno la idea fue reformular parte de la investigación y decir “¿Qué cosas puedo yo sacar para llevar a la industria?” Porque no se puede llevar de la misma manera, de momento tu generas un artículo indexado con mucha investigación, pero ahora cuando vas a un sector industrial, vienes con la otra realidad, ahora tienes al gerente de mantenimiento y a él no le interesa que si la publicación del paper, que si buscarme una revista internacional, no no, a él lo que le interesa es que tú le vengas con una solución práctica de sus problemas del día a día que lo están agobiando.

Entonces todo eso era algo por supuesto nuevo para mí, desde ese punto de vista. Yo traía mucha información del área industrial pero que tenía que adaptarla a este otro entorno académico de investigación, pero sin perder de vista que la idea era que todo este desarrollo adaptado ahora a este modelo de investigación de academia o las universidades, pues la idea era que de ahí yo también pudiera sacar productos, porque la idea es que yo siempre estaba pensando en que lo que se



# ENETOR

## Energy Engineering Simulators

**ENETOR, es una empresa de tecnología enfocada en el desarrollo de simuladores de ingeniería para la industria de la energía.**

**Somos una empresa centrada en el cliente, donde ofrecer soluciones ajustadas a sus necesidades son nuestra prioridad.**

**Nuestra visión es ser el simulador de ingeniería de proyectos de inversión de capital más confiable del mundo.**



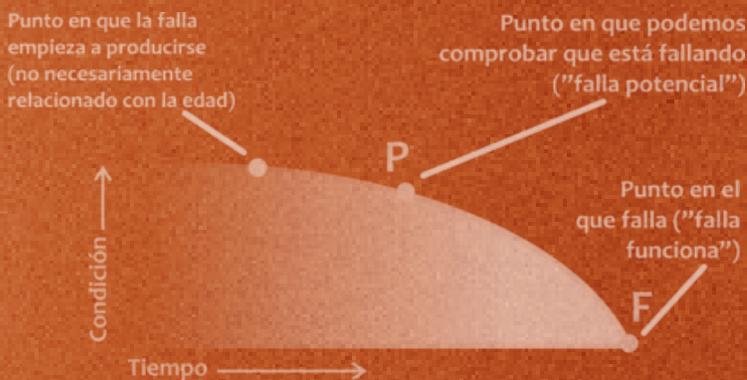
**Para usar nuestros simuladores contáctanos por el correo [inf@enator.com](mailto:inf@enator.com) o suscríbete gratis en nuestra página**

**[www.enator.com](http://www.enator.com)**



# Cálculo de frecuencia de muestreo en análisis de aceites y otras tecnologías predictivas

## La explicación teórica



### La Curva P-F

Una falla potencial es un estado identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir.

### El Intervalo P-F

Es el intervalo entre el momento que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta convertirse en una falla funcional. Obviamente, las tareas a condición (frecuencias de inspección, muestreo y monitoreo) deben de realizarse a intervalos menores al Intervalo P-F.

### Predictivo: La Curva P-F

La Curva P-F muestra cómo comienza la falla, cómo se deteriora al punto en que puede ser detectada (Punto "P") y luego, si no es detectada y corregida, continúa deteriorándose -generalmente a una tasa acelerada- hasta que llega al punto de falla funcional ("F").

**Cálculo de la frecuencia de inspección de mantenimiento predictivo**

La frecuencia debe calcularse en base a la Curva P-F basados en el costo de las inspecciones versus el costo de no poder predecir la falla debido a lo anteriormente expuesto y, como una forma para calcular de manera formal la frecuencia de las inspecciones predictivas, se desarrolla a continuación un modelo matemático que proporciona el valor del tiempo entre inspecciones predictivas.

El valor del intervalo entre inspecciones predictivas será directamente proporcional a tres factores: el factor de costo, el factor de falla y el factor de ajuste. Así, la relación matemática estará definida como:

$$I = C \times F \times A$$

Donde:

- C es el factor de costo.
- F es el factor de falla.
- A es el factor de ajuste.

**Factor de Costo**

Se define como factor de costo, el costo de una inspección predictiva dividido entre el costo en que se incurre por no detectar la falla.

La relación del factor de costo es la siguiente:

$$C = C_i / C_f$$

Donde:

- $C_i$  es el costo de una inspección predictiva (en unidades monetarias).
- $C_f$  es el costo en que se incurre por no detectar la falla (en unidades monetarias).

**Factor de Falla**

Se define como factor de falla la cantidad de fallas que pueden detectarse con la inspección predictiva dividida entre la tasa de fallas.

La relación del factor de falla es la siguiente:

$$F = \#F_i / \lambda$$

Donde:

- $\#F_i$  es la cantidad de fallas que pueden ser detectadas utilizando la tecnología predictiva (expresada en fallas por

inspección).

- $\lambda$  es la tasa de fallas presentada por el equipo, y que además, podrían ser detectadas por la tecnología predictiva a ser aplicada (expresada en fallas por año) Nótese que la unidad del factor de falla es años por inspección.

**Factor de Ajuste**

$$A = - \ln [1 - \text{EXP} (-\lambda)]$$

Una vez calculado el producto entre el factor de costo y el factor de falla, se procede a multiplicarlo por un factor de ajuste, el cual, estará basado en la probabilidad de ocurrencia de más de 0 fallas en un año utilizando  $\lambda$  (tasa de fallas expresada como fallas por año). Para calcular este factor se utiliza la función matemática de probabilidad de Poisson: logaritmo natural multiplicada por -1 (-ln), la cual, se comporta de una manera muy parecida al criterio gerencial de incremento o decremento del intervalo de inspección al tomar en cuenta la probabilidad de ocurrencia de mas de 0 fallas en un año. A mayor probabilidad de ocurrencia, el intervalo de inspección predictiva se reducirá de forma exponencial.

**Ejemplo de cálculo de frecuencias**

Como ejemplo podemos calcular el valor del intervalo de frecuencia de toma de muestras de aceite para un reductor crítico con tasa de falla de 1 vez cada 3 años, costo de inspección de tecnología predictiva de análisis de aceite de US\$ 20 y costo de no detectar la falla de US\$ 20,000.

Si la cantidad de fallas que se pueden detectar en el reductor utilizando análisis de aceite es igual a 20 (viscosidad incorrecta, partículas contaminantes, metales de desgaste, agua, falta de aditivos, etc., etc.), el resultado será:

$$C = C_i / C_f = \text{US\$ } 20 / \text{US\$ } 20,000 = 0.0010$$

$$F = F_i / \lambda = 20 \text{ (Número de fallas posibles por inspección)} / 0.3333 \text{ fallas por año} \\ = 60.0060 \text{ años / inspección}$$

$$A = - \ln [1 - \text{EXP} (-\lambda)] = A = - \ln [1 - \text{EXP} (-0.333)] \\ = 1.2614$$

$$I = C \times F \times A = 0.0010 \times 60.0060 \text{ años / inspección} \times (1.2614) = 0.0876 \text{ años / inspección}$$

Si quisiéramos calcular la frecuencia de inspección (f), solo debemos calcular el inverso del intervalo de inspección:

$f = 1 / 0.0762 = 13.1986$  veces por año, lo cual, se puede aproximar a 1 inspección por

Mes (0.9091 meses)

El costo anual de aplicación de la tecnología predictiva será igual a 20 US\$ multiplicado por la frecuencia de inspección, lo cual da como resultado 240 US\$ por año. Este monto representa un 1.2 % del costo de no poder predecir /detectar la falla.

**Software de cálculo**

Instrucciones:

- Paso # 1: Capturar la Tasa de Falla Anual, LAMBDA.
- Paso # 2: Capturar el costo de análisis de la tecnología predictiva (análisis de aceite) en moneda local.
- Paso # 3: Capturar costo de falla por no haberla detectado en moneda local.
- Paso # 4: Capturar el número de fallas que pueden detectarse con análisis de aceite (valor típico, 20: aditivos deficientes, viscosidad fuera de límites, acidez, oxidación, partículas, agua, silicio, 12 metales de desgaste, etc.).
- Paso # 5: Se calcula el intervalo de muestreo en meses.

**Ejemplo de aplicación práctica**

Determinar la frecuencia de muestreo requerida para el reductor crítico.

Capturar en campos señalados en amarillo los datos del rodamiento y condiciones de operación:

- PASO # 1: LAMBDA =  $1/3 = 0.3333333...$
- PASO # 2: Ci = 20 USD
- PASO # 3: Cf = 20,000 USD
- PASO # 4: # Fi = 20
- PASO # 5: Deberá de muestrearse cada 0.9091 meses.

**Ing. José Páramo**  
 Presidente Grupo Techgnosis  
[joseparamo@grupo-techgnosis.com](mailto:joseparamo@grupo-techgnosis.com)



# GESTIÓN TRIBOLÓGICA DE ACTIVOS SISTEMAS HIDRAÚLICOS

Asegura la salud tribológica de los activos de tu industria para incrementar su ciclo de vida e incrementar la confiabilidad de los mismos.

**INICIA 4 MARZO**

## CONTENIDO

MÓDULO 1 - LUBRICACIÓN

MÓDULO 2 - CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

MÓDULO 3 - ANÁLISIS DE ACEITE

MÓDULO 4 - TRIBOLOGÍA CENTRADA EN EL NEGOCIO



[Contáctanos](#)

**Ing. Ramón Alejandro Useche**  
Consultor de Gestión de Activos  
CTN Global



# La transformación digital: Su impacto a nivel personal y empresarial

## Nos encontramos inmersos en una era completamente automatizada, que llegó para quedarse y cambiar la forma en la que llevábamos a cabo diferentes actividades, esto hace parte de lo que conocemos hoy en día como la Transformación Digital.

### Pero, ¿cuándo inició?

La historia marca su origen en la Primera Revolución Industrial, sobre el siglo XVIII, ya que fue esa chispa que obligó a las industrias a adaptarse a los cambios en las relaciones de producción.

El avance tecnológico dado en la Segunda Revolución Industrial, por la aparición de las líneas de producción en masa, fue sin duda otro aspecto que contribuyó notoriamente a seguir cambiando e innovando, adaptándose a los retos y oportunidades de mejora que significó la aparición de las empresas de tecnología y software hace más de 70 años.

El novedoso procesador, los primeros robots, computadoras y software marcaron ese punto de inflexión hacia la era digital donde comenzaron los procesos automatizados en nuestra vida y, sobre todo, en las industrias de gran envergadura.

Recuerdo en mi niñez la caricatura “Los Supersónicos” de Hanna&Barbera, donde las videollamadas, los autos voladores y los robots que ejecutan labores cotidianas, animaban nuestra imaginación sin siquiera pensar que en tan solo un par de décadas haríamos parte de esa realidad.

### ¿En qué consiste?

En simples palabras, es la sustitución de la forma manual de llevar a cabo los procesos, métodos y procedimientos, para que sean realizados de una forma automática. En los últimos dos años la implementación de estos cambios ha tenido un incremento impulsado por los periodos de aislamiento, que ha ocasionado la pandemia por COVID-19.

Ya usamos más frecuentemente videollamadas para comunicarnos y reunirnos con esos seres queridos o el uso de plataformas digitales de contenidos de audio o video para nuestras jornadas laborales y de descanso. Así, la Transformación Digital está cambiando y mejorando nuestra calidad de vida.

**Algunas de las cosas que anteriormente realizábamos de forma presencial o semipresencial y que actualmente se llevan de forma digital:**

- Ya no es necesario ir al banco para realizar una consignación a un tercero o pagar una cuota de una Tarjeta de Crédito, lo podemos hacer de forma digital desde la comodidad de nuestro hogar u oficina usando nuestro teléfono celular.
- Muchos de los dispositivos Smart con los que contamos en nuestros hogares ya pueden estar conectados con tiendas de suministros y reponer ese bajo stock que tengamos en nuestra nevera, o conectarse con un centro de servicios para solicitar automáticamente una revisión de mantenimiento ante una falla o un comportamiento anormal.
- Realizar compras online de cualquier producto, ¡ya es una realidad!, con esta práctica, además de reducir tiempos podemos obtener mejores descuentos por el solo hecho de no realizarlo de forma física.
- Otro aspecto beneficioso es poder solicitar un servicio de transporte y dar seguimiento al trayecto, costo, conductor y reportar cualquier comentario sobre el recorrido. Lo que nos genera más seguridad que salir a la calle a tomar un taxi cualquiera.
- Las consultas médicas virtuales se potenciaron a raíz de la pandemia y han sido un mecanismo muy eficiente para el control de los pacientes. La conocida Telemedicina es una realidad que en este momento tiene gran aceptación y ha mejorado enormemente las posibilidades de llegar a lugares remotos de nuestra geografía.
- El manejo de nuestra documentación en la nube nos da seguridad de la información, evitando su extravío, sustituyendo así el uso de dispositivos externos y físicos.

### Nuevos campos y herramientas para la gestión

Desde el punto de vista industrial y de los procesos que se pueden llevar en una organización, la transformación digital introdujo conceptos como el Marketing Digital, una forma mucho más eficiente de hacer mercadeo; o la Industria 4.0 y la Industria 5.0, aportando innumerables beneficios para nuestros activos, donde se puede agregar mucho más valor a través del uso de la Inteligencia Artificial (IA), Big Data, Machine Learning, tecnologías que no solamente llegaron para cambiar la forma de llevar la información, sino para ser pilares en el proceso de fortalecimiento y proyección de las organizaciones, empresas y/o instituciones

No obstante, ninguno de estos podría ser eficaz si no tenemos una correcta selección de una herramienta tecnológica que apoye la gestión llevada en cada uno de los procesos de la organización, en especial los relacionados con el mantenimiento de nuestros activos. Estas herramientas son conocidas como Computerized Maintenance Management System (CMMS), Enterprise Asset

Management (EAM) o un Enterprise Resource Planning (ERP); cualquiera que sea su selección debe de tener la facilidad y capacidad de poder conectarse con otras plataformas como, por ejemplo, con los sistemas de medición o SCADA instalados en los equipos, de tal forma que puedan leer en tiempo real los parámetros operacionales definidos.

Al tener esta conexión, si un valor está en un nivel de alarma, la solución puede tener la capacidad de generar una solicitud de atención u orden de trabajo preestablecida para su planificación y ejecución por el departamento de mantenimiento.

Nos encontramos iniciando la Quinta Revolución Industrial o como es conocida la Industria 5.0 centrada principalmente en el Internet de las Cosas - IoT - y en la transformación industrial, a través de la unión de los procesos que actualmente realizan los humanos con las máquinas y la Inteligencia Artificial, sin dejar de lado el respeto con el medioambiente, la utilización de energías limpias y un estricto control de los residuos generados, siendo socialmente responsables con el entorno.

En resumen, nos afianzamos más en una era completamente digital, que de seguro va a estar presente en nuestras vidas de manera mucho más recurrente.

No existe un periodo de tiempo entre una revolución industrial y otra, pero la tendencia que han marcado las ultimas revoluciones es que el tiempo de aparición entre ellas se va acortando exponencialmente.

En esta época moderna la diferencia que tenemos entre la cuarta y quinta Revolución Industrial no supera los 10 años; por este motivo, las soluciones tecnológicas y sus casas fabricantes deben tener esa visión amplia y estar preparadas para los nuevos retos que de seguro nos depara el futuro, de tal forma que sean soluciones que no se queden detenidas en el tiempo, por el contrario, vayan a la par de los cambios que se generan.

Otro aspecto a considerar en esa selección está en la adaptabilidad que debe tener la solución en nuestros procesos de negocio, como siempre digo en mis capacitaciones: “La Herramienta debe trabajar para nosotros, no nosotros para ella” y parte de esta adaptabilidad es su usabilidad, algo que mitiga enormemente la resistencia al cambio que se presenta en los usuarios finales, quienes en ultimas serán las personas que contribuirán de manera definitiva en este proceso de transformación digital, ya que siempre, o por lo menos por ahora, muchas de las decisiones a tomar seguirán siendo llevadas a cabo por nosotros, los humanos.

# Transformación





## Optimice las operaciones de mantenimiento para alcanzar nuevos niveles de eficiencia



EAM la opción líder para la industria en la administración de los activos empresariales.



By



HEXAGON

[www.ctnglobal.com](http://www.ctnglobal.com)  
[Colombia@ctnglobal.com](mailto:Colombia@ctnglobal.com)



# Luisa Valderrama



---

**La industria **NO** es solo para hombres**

**“No es cierto que la industria es solo para hombres. Las pasiones, los sueños, no tienen género. Esto nos permite abrir un universo a la mujer para el desarrollo de su vida profesional en la Industria del Mantenimiento Automotriz”**

- Luisa Fernanda Valderrama Castro

Miembro de la Junta Directiva de WOMEN ECONOMIC FORUM para Colombia 2022

Miembro honorífico internacional en The International Institute of Corporate Ethics and Compliance, A.C.- Mexico

Centro Región Chair Colombia - Global Networking Under the Auspices ALL Ladies League.

Co- fundadora y vicepresidente en THE WOMEN TRANSPORTING THE WORD en la cual participan mujeres empresarias del transporte y el mantenimiento en México, Colombia, Chile y Perú inicialmente.



## Cuéntanos, Luisa Fernanda, ¿en qué proyectos te encuentras desempeñándote y cuál es el alcance e impacto que estos tienen?

Gracias Montserrat por la oportunidad de participar en tan excelente trabajo periodístico enfocado en la Industria del mantenimiento.

Mi experiencia se basa en 43 años de participación en la industria del mantenimiento automotriz en Colombia, hecho que me llevó en el 2019 a fundar la **ORGANIZACIÓN AMERICANA DE MUJERES LIDERES MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ- WAM21** contando con participación de profesionales de algunos países del continente.

Actualmente y desde esa época lidero la Organización en la cual fomentamos de manera responsable y objetiva la participación de la mujer en esta industria en el continente, exaltando las profesionales que ya se encuentran en la misma.

Hacemos parte del pacto Global a partir de noviembre del 2020 implementando 7 ODS los cuales son:

- ODS No 4 Educación de calidad
- ODS No 5 Igualdad de Género
- ODS No 8 Trabajo decente y crecimiento económico
- ODS No 9 Industria, Innovación e infraestructura
- ODS No 10 Reducción de las desigualdades
- ODS No 12 Producción y consumos responsables
- ODS No 17 Alianzas para lograr los Objetivos.

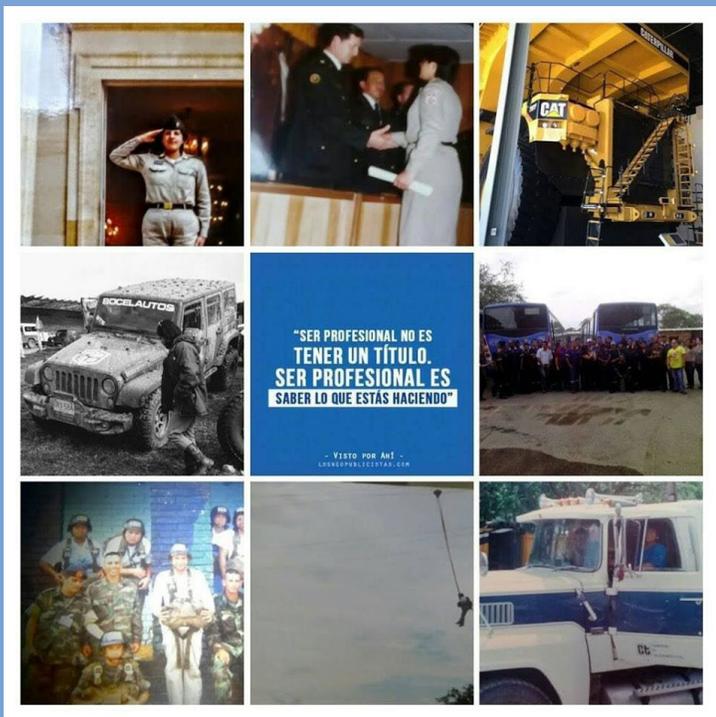
### Y los 10 principios del pacto Global

- Participamos de eventos internacionales que promueven la Igualdad de género aportando las experiencias de nuestra industria,
- Realizamos orientación vocacional a niñas de educación media a las cuales les informamos sobre la Industria del mantenimiento automotriz en cuanto a su definición, alcance e impacto, lo que les permite tener mayor proyección en la selección de su vida profesional.
- Hacemos visibles las profesionales del continente en esta Industria
- Realizamos Consultorías, asesorías en Gestión de mantenimiento para grandes flotas (parques automotores) fomentando principalmente las buenas prácticas y erradicación de la corrupción en la IMA. (Industria del mantenimiento Automotriz)

## ¿Cuál es la participación de la Mujer en la Industria del mantenimiento Automotriz?

Desafortunadamente los indicadores de participación de la mujer en la IMA son muy bajos esto debido a las culturas del continente, falta de información y participación de la Industria para fomentar espacios.





## ¿Cuáles serían acciones eficaces para incrementar la colaboración femenina en la Industria del mantenimiento Automotriz en el continente americano?

Excelente pregunta, primero es a través de orientación vocacional trabajar en el paradigma que la industria es para hombres lo cual no es cierto, las pasiones, los sueños no tienen género esto nos permite abrir un universo a la mujer para el desarrollo de su vida profesional en la IMA. Segundo, informar sobre su definición, alcance e impacto lo que la hace más atractiva. Tercero, realizar alianzas con la academia, institutos técnicos, Universidades, y grandes productores de automotores para que estén abiertos a la educación y formación de estas mujeres de acuerdo con su decisión de desarrollo en la industria.

Y finalmente fomentar entre las empresas dueñas de automotores y prestadoras de servicio de mantenimiento para que existan las oportunidades de competencia sana en sus procesos de selección sin sesgos.

**Desde tu experiencia y conocimiento, ¿cuáles son algunos objetivos de Desarrollo Sostenible que se pueden aplicar desde la Industria del Mantenimiento Automotriz?**

- ODS No 4 Educación de calidad.
- ODS No 5 Igualdad de Género.
- ODS No 8 Trabajo decente y crecimiento económico.
- ODS No 9 Industria, Innovación e infraestructura.
- ODS No 10 reducción de las desigualdades.
- ODS No 12 Producción y consumos responsables.
- ODS No 17 Alianzas para lograr los Objetivos.

## ¿Qué es el mantenimiento Automotriz eficaz?

Es el que nace de una planeación Integral donde se tienen en cuenta los 7 factores determinantes y los anexos que garantizan su total desarrollo, es el que se realiza con profesionales que tienen experiencia en tiempo y conocimiento, es el que minimiza riesgos, es aquel que se planea bajo el formato del PHVA y respeta la operación esto solo se obtiene bajo el liderazgo de un profesional con EXPERIENCIA, RESPONSABILIDAD, INTEGRIDAD y pasión por lo que hace.

## Para conocer un poco más de tu persona, ¿cuál es la lección más valiosa que te ha dejado la pandemia?

La pandemia fue para mí una oportunidad de crecimiento personal y profesional que me permitió conocer, estudiar, analizar muchos factores para aportar a mi vida y al mundo en el cual me desempeño y vivo.

**La pandemia me enseñó que hay una vida y se debe aprovechar al máximo respetando los seres vivos, sus ideas y sus sueños.**



## Cursos para ingenieros de la industria

- Cursos 100% grabados
- Instructores de larga trayectoria y gran experiencia
- Obtén un certificado
- Alcanza el nivel de especialista
- Inicia un plan de formación junto con tu equipo de trabajo

**Conoce más**

[predyc.com](http://predyc.com)

# Equivalencia y homologación de lubricantes



**Ing. Gaspar Soto**

Coordinador de proyectos OMC SAS

[gaspar.soto@udea.edu.co](mailto:gaspar.soto@udea.edu.co)

[omcmantenimiento8@gmail.com](mailto:omcmantenimiento8@gmail.com)



Una necesidad muy común en ingeniería de mantenimiento y lubricación consiste en encontrar un lubricante equivalente u homólogo de un lubricante que tenemos aplicado en algún equipo de nuestra planta por diferentes razones tales como:

- Descontinuación o falta de inventario del lubricante actual.
- Cambio de proveedor de lubricantes.
- Cambio de especificaciones del equipo.

Antes de entrar en materia es bueno aclarar los conceptos de equivalente y homólogo que en ocasiones se confunden. La real academia de la lengua española nos da luces sobre la diferenciación entre estos dos términos a través de sus definiciones:

**Equivalencia:** f. Igualdad en el valor, estimación, potencia o eficacia de dos o más cosas o personas.

**Homologar** *tr.* Contrastar el cumplimiento de determinadas especificaciones o características de un objeto o de una acción.

En ocasiones se piensa que las tablas de equivalencia de lubricantes reemplazan el proceso de homologación, pero como vimos en las definiciones son dos cosas diferentes. El punto de partida para realizar un proceso de homologación de un lubricante puede ser consultar si existen tablas de equivalencia para ese lubricante, pero esto es solo el inicio de un proceso cuyo insumo de entrada puede ser la referencia comercial (marca) del lubricante actual aplicado en el equipo que se desea homologar. A continuación, se proponen una serie de pasos para llevar a cabo la homologación:

## 1. Consultar tablas de equivalencias

Existen varias fuentes de consulta en internet en las que se pueden obtener tablas de equivalencias entre las diferentes casas fabricantes de lubricantes. Ver tabla 1.

TABLA 1. TABLA DE EQUIVALENCIAS

APLICACIÓN TÍPICA	CALIDAD	LUBRINDUSTRIALES	MOBIL	SHELL	TEXACO	ESSO
Sistemas hidráulicos con aditivos anti desgaste	Denison HF-O HF-1, CM A/W P 68,69,70 Yy otros	LUBRIFLUID	MOBIL DTE SERIE 20	TELLUS	RANDO	NUHO H
Lubricación de guías y bancadas	Anti Stick-Slip	LUBGUIAS	MOBIL VACTRA OIL	TONNA	WAY LUBRICANT	MILKOT / FEBIS K
Cojinetes y turbinas	ISO 9068 GE 32568 C GEK 32568-C	LUBTURBIN	DTE OIL	TURBO OIL	REAGAL OIL	TERESSO
Cajas de Engranajes	U88-224 Leat 3 AGMA 250/04 API GL3 FZG (Etapa I2)	LUBGEAR	MO-BILGEAR 600 XP	OMALA	MEROPA	SPARTAN EP
Herramientas Neumáticas	Garden Denver Ingersoll Rand	LUBRIFLUID 10	ALMO SERIE 500	TORCULA OIL	ROCK DRILL LUBE	AROX

Protectores de Corrosión	MILCO081309 ASTM 1748 >300 Humedad	ANTICOR LUB	MOBIL ARMA SE- RIE 200	ENSIS	PROTECTIVE LUB	RUST BAIN levit- rakamagra.net
Corte de Metales	EP Activo no Emulsionable	LUBRICORT	MOBILMET	GARIA	SULTEX	PENEX
Soluble para Corte de Metales	Cincinatti Milacron P125	SOLUBLE 20	MOBILMET	BRUMOL	SOLUBLE OIL	KUTWELL
Térmico y Transferencia de calor	Resistencia a extrema temperatura	LUBTHERM	MO- BILTHERM	THERMIA	TEXATHERM	TERESSO
Dieléctrico	CIDET	DIELECTRIC LUB	MOBILECT	ELECTROL	TRANSFORMER	UNIVOLT
Aceite Mineral BLANCO	USP COLOR 1	LUBRIWHITE USP LUBRI- WHITE TECNICO	CRISTAL	TERSOL		PRIMOL
Grasa para servicio múltiple EP 2	CONVENIN 967/2	LUBRIGREASE EP2	MOBILUX EP 2	ALBANIA EP	MULTIFAK EP	BEACON EP
Grasa para altas temperaturas	CONVENIN 967/5	LUBRICOMPLEX 2	MOBILTEMP	RETNAX	THERMATEX	UNIREX

Usualmente las tablas de equivalencia están formadas por filas y columnas con las referencias comerciales de varios fabricantes que se consideran equivalentes en función de la familia de lubricantes a la cual pertenecen y del campo de aplicación. Se debe recordar que según la aplicación existen 2 grandes grupos generales: industrial y automotriz; en ese orden de ideas existen tablas de equivalencia exclusivas para el grupo de lubricantes industriales y otras exclusivas para automotrices. Para ilustrar el proceso, de la tabla 1, fila 5 (fila con relleno de color naranja) se seleccionan los lubricantes equivalentes “1”: MobilGear 600XP 220; “2”: Omala 220.

## 2. Consultar PDS y SDS de ambos lubricantes

Suena muy lógico que después de encontrar una tabla de equivalencia y seleccionar un lubricante equivalente el siguiente paso sea consultar las características físico químicas de ambos lubricantes (original y equivalente). Pero no se pueden olvidar las características que afectan la salud de las personas y el medio ambiente por esto se recomienda también consultar además de la ficha técnica, la ficha de salud de cada lubricante. Por lo general los fabricantes de lubricantes publican en sus sitios web oficiales o en los de sus distribuidores los documentos que corresponden a PDS y SDS de sus lubricantes pero estos no siempre están en español, como se verá en el ejemplo desarrollado en este artículo.

Tabla 2. PDS típica de la familia de lubricantes del lubricante 1.1

Características típicas							
Mobilgear 600 XP	68	100	150	220	320	460	680
Grado de viscosidad ISO	68	100	150	220	320	460	680
Viscosidad, ASTM D445							
mm <sup>2</sup> /s a 40°C	68	100	150	220	320	460	680
mm <sup>2</sup> /s a 100°C	8.8	11.2	14.7	19.0	24.1	30.6	39.2
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	101	97	97	97	97	96	90
Punto de congelación, °C, ASTM D97	-27	-24	-24	-24	-24	-15	-9
Punto de inflamación, °C, ASTM D92	230	230	230	240	240	240	285
Densidad a 15.6°C, ASTM D4052	0.88	0.88	0.89	0.89	0.90	0.90	0.91
Prueba FZG de "micropitting", FVA 54, etapa de fallo / calificación	10 / alto						
Prueba de desgaste FE 8, DIN 51819-3, D7, 5/60-80, Desgaste de rodillo, mg	2	2	2	2	2	2	2
Capacidad de carga Timken, ASTM D 2782, libras	65	65	65	65	65	65	65
Prueba EP de las 4 bolas, ASTM D2783							
Carga de soldadura, kg	200	200	200	250	250	250	250
Índice de desgaste de carga, kgf	47	47	47	48	48	48	48
Prueba FZG de desgaste, DIN 51354, etapa de fallo	12+	12+	12+	12+	12+	12+	12+
A/16, 6/90	12+	12+	12+	12+	12+	12+	12+
Protección frente a la herrumbre, pasa	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
ASTM D665, agua marina							
Corrosión sobre lámina de cobre, 1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
ASTM D130, 3 horas a 100°C							
Demulsibilidad, ASTM D1401, tiempo a 3 ml de emulsión, minutos a 52°C	30	30	30	30	30	30	30
Prueba de formación de espuma, ASTM D892, tendencia/estabilidad, ml/ml Secuencia I	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabla 3. Fragmento de SDS para el lubricante 1.

Nombre del producto: MOBILGEAR 600 XP 220  
 Fecha de Revisión: 29May2007  
 Página 1 de 9

---

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

**SECCIÓN 1 IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTO Y COMPAÑÍA**

De acuerdo a la fecha de revisión arriba indicada, esta (M)SDS cumple con las regulaciones en Colombia

**PRODUCTO**  
 Nombre del producto: MOBILGEAR 600 XP 220  
 Descripción del producto: Base lubricante y Aditivos  
 Código del producto: 201560401220, 613638-00  
 Uso previsto: Aceite para engranajes

**IDENTIFICACION DE LA COMPAÑÍA**  
 Proveedor: ExxonMobil de Colombia S.A.  
 Calle 90 No. 21-32  
 Bogotá Colombia

24 Horas emergencia en salud LUBRICANTES (091) 628 3205 / 628 3430 /  
 COMBUSTIBLES 01-800-091-3776  
 Información técnica del producto LUBRICANTES 01-800-912-0015 / COMBUSTIBLES  
 01-800-091-3776

**SECCIÓN 2 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES**

Sustancia(s) ó complejo de sustancia(s) no reportable como peligrosa.

**SECCIÓN 3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

Este material no es considerado como peligroso de acuerdo con las guías reguladoras (ver la Sección 15 del (M)SDS).

Tabla 4. Fragmento de PDS de la serie del lubricante 2.

Omala			220	320	460
ISO Viscosity Grade		ISO 3448	220	320	460
Kinematic Viscosity		ISO 3104			
at 40°C	mm <sup>2</sup> /s		220	320	460
at 100°C	mm <sup>2</sup> /s		19.4	25.0	30.8
Viscosity Index		ISO 2909	100	100	97
Flash Point COC	°C	ISO 2592	240	255	260
Pour Point	°C	ISO 3016	-18	-15	-12
Density at 15°C	kg/m <sup>3</sup>	ISO 12185	899	903	904

### 3. Comparar y analizar las propiedades físicas, químicas de ambos lubricantes.

Los datos suministrados por los fabricantes de los lubricantes 1 y 2 en los documentos PDS y SDS permiten elaborar una tabla comparativa que resolverá la pregunta ¿Es el lubricante 2 homólogo del lubricante 1? La respuesta se obtendrá por medio del análisis una a una de cada propiedad. Un detalle importante es tener cuidado con la norma y método estándar de prueba o medición en el cual cada laboratorio evalúa la calidad de cada lubricante; Lo ideal es que ambos fabricantes hayan usado el mismo método o norma para que la comparación tenga validez y certeza.

Tabla 5. Tabla comparativa de propiedades

PROPIEDAD	VALOR			
	Lubricante	"1"	"2"	SUPERIOR
grado de viscosidad		220	220	0
Viscosidad @ 40°C (mm <sup>2</sup> /s)		220	220	0
IV		97	100	"2"
Punto de congelación (°C)		-24	-18	"1"
Punto de chispa (°C)		240	240	0
Capacidad de carga <u>Timken (lbf)</u>		65	60	"1"
Prueba de 4 bolas. Carga de soldadura (kgf)		250	250	0
Aceite base		Mineral	Mineral	0
Aditivos		EP	EP	0
Aplicación		Engranajes industriales cerrados helicoidales, cónicos y rectos, y sistemas de lubricación centralizada	Transmisiones de engranajes de acero, rodamientos y sistemas de lubricación centralizada	0

#### 4. Comparar y analizar los valores límite claves para el desempeño del lubricante según el contexto operacional del equipo en donde será aplicado el lubricante.

Luego de construir la tabla 5 se pueden analizar los valores de las propiedades que sean más relevantes para la operación del equipo en nuestra planta según el contexto operacional y OEM del equipo. Para el ejemplo que se viene desarrollando se analizó el lubricante original y un posible homólogo, pero este procedimiento permite analizar la cantidad de los posibles homólogos que sean necesarios para tener la certeza de que se está seleccionando el mejor homólogo posible. En la columna "SUPERIOR" se puede identificar para cada propiedad: 0: el valor de la propiedad es el mismo para ambos lubricantes. "1" ó "2": hace referencia al identificador del lubricante que posee un valor superior para la respectiva propiedad; recordemos "1": Lubricante original; "2": lubricante candidato a homólogo.

Para el ejemplo desarrollado en este artículo se puede observar que:

- De las diez propiedades analizadas el lubricante "2" iguala al "1" en siete de ellas, es decir tiene una compatibilidad del 70%.
- En dos de las propiedades el lubricante original "1" es superior al "2". lo que implica una desventaja del 20%.
- En una propiedad muy importante como lo es el índice de viscosidad (IV) el lubricante "2" supera al "1". lo que implica una superioridad del 10%.
- Podemos concluir que el lubricante "2" es válido como homólogo del lubricante "1" sin embargo siendo estrictos y de acuerdo con el contexto operacional de aplicación del lubricante podría exigirse que el homólogo "2" supere al lubricante original "1" en un porcentaje y propiedades críticas específicas.

#### 5. Comparar y analizar la relación costo-beneficio; es decir el costo de ambos lubricantes con respecto al beneficio esperado.

En este quinto y último paso se requiere conocer el precio o valor comercial por galón o litro en el caso de los lubricantes líquidos y por kg o lb en el caso de las grasas ya que el análisis es válido también para las grasas agregando propiedades clave para ellas como lo es el grado de consistencia NLGI y teniendo en cuenta que una grasa es la sumatoria de aceite base, espesante y aditivos.

También se requiere definir cuáles son los beneficios a obtener

empleando un homólogo determinado como por ejemplo reducción en el consumo del lubricante por medio de la optimización en la frecuencia de cambio y de reubicación.

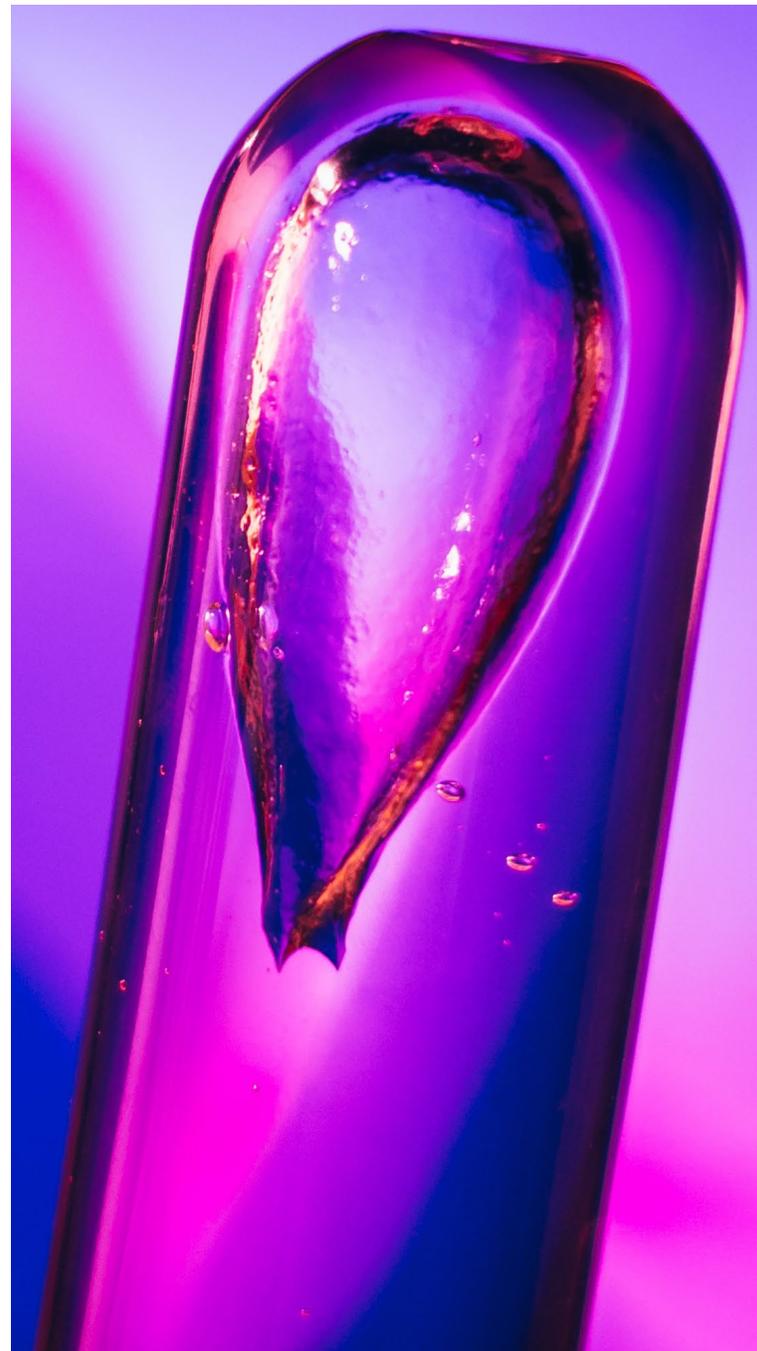
##### Cibergrafía

Sitio web del fabricante ExxonMobil para la búsqueda de fichas del producto (PDS) [https://www.exxonmobil.com/es-es/pds#f:Location=\[Colombia\]](https://www.exxonmobil.com/es-es/pds#f:Location=[Colombia])

Sitio web del fabricante ExxonMobil para la búsqueda de SDS de sus productos <https://sds.exxonmobil.com/>

Sitio web del fabricante Shell para buscar y consultar las fichas del producto de sus lubricantes: <https://www.shell.com/business-customers/bitumen/product-data-sheets.html>

Sitio web del fabricante Shell para buscar y consultar las fichas de salud de sus lubricantes: <https://www.shell.com/business-customers/chemicals/safe-product-handling-and-transportation/chemicals-safety-data-sheets.html>



# LLEGA AL PÚBLICO QUE ESTÁS BUSCANDO

CONTRATA NUESTROS  
PAQUETES DE MERCADEO



CONTÁCTANOS



**Carlos de Souza Almeida, D.Sc.**  
Coordinador de cursos de Extensão de  
Manutenimiento en CCE-PUC-RJ  
Consultoría y Formación Gestalent  
Director Gestalent  
[csalmeida53@gmail.com](mailto:csalmeida53@gmail.com)



**I ENCAPEMAN**

**II SEPMAN**

Me siento sumamente feliz de tener el privilegio de haber trabajado en la organización, desarrollo, difusión y seguimiento de todas las mesas redondas celebradas en este II SEPMANy I ENCAPEMAN, porque definitivamente, a pesar de todas las variabilidades, aciertos y desaciertos, el evento se ha convertido en un gran símbolo. Todo es posible, dibujar, dibujar, adaptar y operar, sobre todo cuando se tiene gente con el mismo propósito. “¡Voluntad de hacerlo de verdad!”

Como dijo el Prof. Lourival Tavares, **“lástima por los que no creyeron, por no participar en momentos ricos y de gran sinergia”**.

La mesa redonda 3 - Las mujeres, el mantenimiento, sus retos, paradigmas y resultados, superó con creces las expectativas, porque demostró que estamos donde debemos estar, que logramos todo lo que es posible con concentración, determinación, fuerza de voluntad adicional y mucha fe.

Incluso he llegado a creer que nuestros eventos se celebraron con este espíritu, concentración, determinación, fuerza de voluntad extra y mucha Fe.

Bromeaba con algunos colegas, con la siguiente afirmación, **“Muchos son los llamados y pocos los elegidos, los que se quedan, los que creen y avanzan”**, estuviste fantástico.

Del mismo modo, hay que agradecer a los demás compañeros que demostraron que una buena técnica, metodología y saber hacer es siempre útil, práctica y aplicable en cualquier organización,

por lo que, mi más sincero agradecimiento al equipo de Marketing de CCE-PUC-RIO, encantado de conocer y trabajar con vosotros, alineando a este reconocimiento a Montserrat de Predictiva 21.

El Pionero fue el MR1, Innovaciones aplicadas al mantenimiento, resultados de la gestión y el uso de la tecnología, cuyo enfoque sensacional, campeón absoluto con 135 participantes, en este caso, debemos dar nuestro agradecimiento a Franklin Nonato, André Castro Leal, Luiz Tavares y Marco Chen, presidido por Gerardo Trujillo.

La Mesa Redonda 2, no faltó nada en el evento, con el tema Fiabilidad y Gestión de Activos, siendo esta impartida por los mejores expertos de la actualidad, todo un espectáculo: Celso de Azevedo, Enrique González, Gerardo Trujillo y Santiago Sotuyo Blanco, profesionales encantados de compartir tantas novedades, qué aprendizaje.

El sábado fue el día de la I ENCAPEMAN, nuestros alumnos estuvieron allí y dijeron la importancia de una buena formación en la vida del profesional del mantenimiento, muy agradable ver que la semilla fue bien plantada y que todos están cada día más centrados con el propósito de la función de Mantenimiento, así, fue con gran placer que tuvimos un público fiel durante todo el día.

Como nos dijo el profesor Nelson Cabral, si nos detenemos a pensar que el evento ocurrió una semana antes de Navidad, todos tenemos muchos eventos,

ya sea en casa, en el trabajo, con los amigos y, tener un público fiel siempre es muy bueno.

Un agradecimiento especial a nuestros colegas: Hyrlann Almeida, Vandeilson Cisne, Willy Wendorff, Bianca Bandeira Scopel, Vinicius de Lima, Francisco Soares, Lucas Cicutto y nuestro profesor Marcelo Gracia.

Para cerrar la tarde del sábado, la reunión de profesores de EXGAMAN, mucha emoción, el corazón habló muy fuerte, Celso de Azevedo, Haroldo Ribeiro, Nelson Cabral, Manoel Coelho de Segadas Vianna, y Carlos de Souza Almeida.

Lo mejor de todo fueron los testimonios al final de la tarde, **muchos recuerdos, muchas verbalizaciones del potencial de este curso y de estos maravillosos profesores y alumnos.**

Por mi parte, estoy muy agradecido a Dios por haberme permitido la fuerza, el discernimiento necesario, la buena voluntad para entender los caminos de la vida, sus encuentros y desencuentros, lo que me motivó aún más a hacer todo el trabajo necesario para que en otro año tuviera la condición necesaria, como fue el I SEPMAN, me fue posible presentar un evento fantástico, como fueron los seminarios II SEPMAN y el I ENCAPEMAN.

Que vengan otros, que nos sea posible evaluar con calma la importancia de este trabajo, **que nuestros errores se conviertan en aciertos**, que podamos cambiar para crecer y llevar el conocimiento a quienes lo necesitan.

Sin filtro, tenemos que ser más, hacer más e integrar más.

Sin llorar, sólo hacer un buen trabajo para la comunidad, nada de Fake, simplemente un trabajo que puede llevar a los profesionales y organizaciones al nivel de mantenimiento de clase mundial.

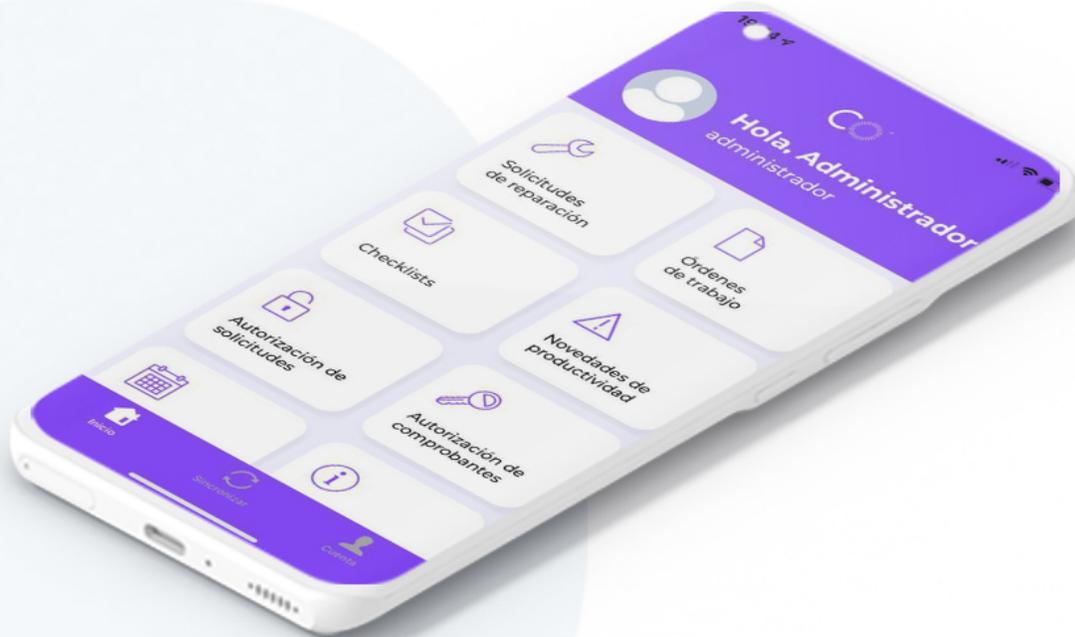
**Estimadas profesoras, profesores y estudiantes que participaron activamente en los eventos.**

# ¿Necesitas optimizar el área de mantenimiento?



**Consuman** es la solución N°1 para planificar, hacer seguimiento y optimizar la gestión de activos de tu empresa.

**100 % en la nube, fácil de usar y rápida de implementar.**



## Con Consuman podrás:

Recopilar, analizar y actuar sobre los datos de mantenimiento con informes bajo demanda.

Contar con herramientas móviles para todos los usuarios.

Gestionar presupuestos, compras y stock.

**Tengas la empresa que tengas, hacemos que todo funcione.**

**Integraciones y desarrollos** específicos para adaptarnos a tu organización.

**Hablemos:**

[ventas@consuman.com](mailto:ventas@consuman.com)

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



# Innovación y crecimiento potencial de la energía renovable desde el mantenimiento

## Caso práctico: Minicentrales hidroeléctricas

**Ing. Francisco Javier Martínez Monseco**  
Responsable O-M Zona Barcelona-Girona  
Enel Green Power Hydro  
[jmartinez1638@alumno.uned.es](mailto:jmartinez1638@alumno.uned.es)

### Resumen.

La energía hidroeléctrica es una de las energías renovables más desarrolladas desde hace muchos años, pero en el contexto actual de mejora de procesos, es necesaria la máxima disponibilidad y eficiencia energética. En la gestión de los activos físicos de generación eléctrica, la figura del departamento de mantenimiento desarrolla su trabajo realizando una gestión de un presupuesto anual dedicado y esperando que con mayor o menor fortuna no se produzca una avería grave y que la disponibilidad del activo sea la máxima. La tendencia de las organizaciones es ir reduciendo cada año el presupuesto de mantenimiento (opex) con lo cual cada vez es más difícil poder garantizar los coeficientes de gestión. Uno de los aspectos clave hoy en día es poder utilizar una metodología donde podamos identificar correctamente el estado del activo a mantener con herramientas de optimización combinadas (amfe, análisis criticidad, análisis ciclo de vida y RCM) que pueden optimizar el presupuesto del mantenimiento (opex) pero que a la vez pueden servir como base de análisis de mejoras del activo (rediseño mediante capex que aporte valor añadido a la organización) frente a la optimización del mantenimiento (implica reducir costes y aflorar posibles ahorros futuros en la gestión del activo). Esta metodología se tiene que justificar los sistemas identificados como críticos, y poder justificar delante de la organización proyectos de mejora del activo como un incremento de ingresos del negocio y no simplemente como un gasto a tener que amortizar.

## Summary.

Hydroelectric energy is one of the most developed renewable energies for many years, but in the current context of process improvement, maximum availability and energy efficiency is necessary. In the management of physical assets of electricity generation, the figure of the department of Maintenance carries out its work by managing a dedicated annual budget and hoping that with greater or lesser luck there will not be a serious breakdown and that the availability of the asset is the maximum. The tendency of organizations is to reduce the maintenance budget (opex) each year, making it increasingly difficult to guarantee management coefficients. One of the key aspects today is to be able to use a methodology where we can correctly identify the state of the asset to be maintained with combined optimization tools (amfe, criticality analysis, life cycle analysis and RCM) that can optimize the maintenance budget (opex) but which at the same time can serve as a basis for analyzing improvements to the asset (redesign using capex that provides added value to the organization) versus optimizing maintenance (it implies reducing costs and bringing out possible future savings in asset management). This methodology has to justify the systems identified as critical, and be able to justify projects to improve assets in front of the organization as an increase in business income and not simply as an expense to be amortized.

## 1. Introducción.

### 1.1 Gestión de los activos físicos.

Se considera “un activo físico” a cualquier objeto que posea valor para la organización o un propietario. Dicho “valor” se genera cuando el objeto en cuestión cumple con su función ante una determinada demanda de su funcionamiento. El no cumplimiento de esa demanda para funcionar causará unas consecuencias negativas que deberemos gestionar para poder reponer la función inicial determinada. Desde el departamento de mantenimiento de cualquier organización es fundamental tener información del estado de dicho activo en cada momento y poder planificar las correspondientes acciones para que cumpla la función requerida en cada momento. Por ello no deberemos afrontar el reto del mantenimiento como una gestión anual de un presupuesto que cada vez es menor y que además implica priorizar en cuanto a las acciones a realizar, sin tener claramente justificada dicha justificación delante de la organización. Es fundamental, por lo tanto, emplear herramientas de optimización del mantenimiento donde podamos identificar claramente los problemas que tenemos que afrontar y así tener una base sólida para definir una estrategia justificada de acciones delante de la organización. Las estrategias de optimización más útiles que podemos aplicar de manera combinada en el día a día de la gestión de mantenimiento son:

- Análisis modos de fallo y efectos de los sistemas del activo físico

- Análisis del ciclo de vida de los sistemas del activo físico
- Análisis de riesgos y priorización por criticidad
- Mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM)

Estas estrategias nos permiten tener una base justificativa delante de la dirección de la empresa para poder plantear acciones tanto de optimización del mantenimiento como de actuaciones de mejora o rediseños en el activo físico gestionado.

### 1.2 Análisis ciclo de vida activo.

Todas las Empresas realizan acciones para trabajar con sus activos físicos y obtener beneficios de su confiabilidad. Lamentablemente, la experiencia indica que estas acciones y gestiones, en general, son aisladas y desordenadas, de manera tal que las Empresas no logran obtener un retorno máximo de sus activos. De esta manera, en lugar de pensar en la necesidad de “reducción de costos de mantenimiento de un activo”, una visión a mediano y largo plazo obliga a pensar en la maximización del Beneficio de Ciclo de Vida de un Activo, el cual surgirá de la diferencia entre los Ingresos del Ciclo de Vida y el Costo del Ciclo de Vida (1). Para conseguir este objetivo, lo primero es cambiar el concepto de cómo analizar al mantenimiento y como ubicarlo en el contexto de las demás funciones empresariales. Todas las funciones existen pues aportan algo al resultado, sino no existirían, y si estamos hablando de empresas industriales, comerciales y de servicios ese resultado es el lucro en el negocio en que ella se encuentra. Para una organización, adoptar aquellas acciones que se consideren apropiadas durante el ciclo de vida de dichos activos para lograr el balance óptimo entre su coste de ciclo de vida, riesgo y desempeño (gestión del riesgo durante el ciclo de vida) es fundamental.

## 2. La energía hidroeléctrica. Minicentrales hidroeléctricas.

La generación de electricidad con minicentrales hidroeléctricas se desarrolló en la mayoría de los países en los inicios del siglo XX y en muchos casos no se han realizado demasiadas adecuaciones y mejoras intentando conseguir los máximos ingresos de generación eléctrica con los mínimos costes de explotación. El estudio de optimización del mantenimiento y aplicación de mejoras tecnológicas en pequeñas centrales hidroeléctricas ofrece posibilidades de potencial desarrollo y crecimiento, debido a la diversidad de caudales que aún son susceptibles de ser aprovechados con las nuevas tecnologías. La capacidad hidroeléctrica mundial instalada (excluyendo la hidroeléctrica de bombeo) fue de 1 189 GW a finales de 2019. La energía hidroeléctrica proporciona una fuente de electricidad de bajo coste y, si la planta incluye el almacenamiento en el embalse, también proporciona una fuente de flexibilidad. Esto permite que la planta proporcione servicios de flexibilidad,

como respuesta de frecuencia, capacidad de arranque en negro y reservas giratorias. Esto, a su vez, aumenta la viabilidad de la planta al incrementar los flujos de ingresos del propietario de los activos, al tiempo que permite una mejor integración de las fuentes de ERV para cumplir los objetivos de descarbonización. Además de los servicios de flexibilidad de la red, la energía hidroeléctrica puede almacenar energía durante semanas, meses, estaciones o incluso años, dependiendo del tamaño del embalse. Otro aspecto para tener en cuenta en el análisis de proyectos hidroeléctricos es que combinan servicios de suministro de energía y agua. Pueden incluir planes de riego, suministro de agua municipal, gestión de sequías, navegación y recreación, y control de inundaciones, todo lo cual proporciona beneficios socioeconómicos locales. De hecho, en algunos casos la capacidad hidroeléctrica se desarrolla debido a una necesidad existente de gestionar los caudales del río y la energía hidroeléctrica puede incorporarse al diseño.



Figura 1 Azud Minicentral hidroeléctrica. Fuente (Enel Power Generation Hydro).

## 2.1 Costes totales de instalación en proyectos hidroeléctricos.

Los proyectos hidroeléctricos tienen dos componentes principales de costes

- Las obras civiles para la construcción de la central hidroeléctrica, que incluyen cualquier desarrollo de la infraestructura necesaria para acceder al sitio, la conexión a la red, cualquier trabajo relacionado con la mitigación de los problemas ambientales identificados y los costes de desarrollo del proyecto.
- Los costes de adquisición relacionados con los equipos electromecánicos.

Costes medios totales para proyectos de desarrollo de centrales hidroeléctricas (2010-2019) de capacidad menor de 50 Mw

1.641 USD/Kw.



Figura 2 Minicentral hidroeléctrica del Pirineo de Girona. Fuente (Enel Power Generation Hydro).

## 2.2 Costes de mantenimiento y operación.

Los costes anuales de operación y mantenimiento suelen indicarse como un porcentaje del coste de inversión por kW y año. Los valores típicos oscilan entre el 1% y el 4%. IRENA ha recopilado previamente datos de O&M sobre 25 proyectos (2) y encontró un coste medio de O&M que era ligeramente inferior al 2% de los costes totales instalados por año, con una variación de entre el 1% y el 3% de los costes totales instalados por año. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) asume unos costes de O&M del 2,2% al 3% para los proyectos minihidráulica. Los costes de operación y mantenimiento suelen incluir una provisión para la renovación periódica de los equipos mecánicos y eléctricos, como la revisión de la turbina, el rebobinado del generador y las reinversiones en los sistemas de comunicación y control, pero excluyen las renovaciones importantes de los equipos electromecánicos, o la renovación de las tuberías forzadas, los raíles, etc (3). La sustitución de estos equipos es poco frecuente, con una vida útil de 30 años o más en el caso de los equipos electromecánicos y de 50 años o más en el caso de las tuberías forzadas y los raíles. Esto significa que la inversión original se ha amortizado por completo en el momento en que hay que realizar estas inversiones. Por tanto es fundamental poder analizar las diferentes mejoras tecnológicas en los equipos de las centrales hidroeléctricas para poder realizar una modernización con una aportación de beneficios al propio activo físico.

Componente del proyecto hidroeléctrico	Costes totales de O.M proyectos hidroeléctricos (% análisis 25 proyectos mundiales 2018 IRENA)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Costes de operación	20	51	61
Salarios	13	39	74
Otros	5	16	28
Material	3	4	4

Tabla 1 Hydropower project O&M costs by category from a sample of 25 projects (2).

### 3. Innovación y crecimiento potencial de las minicentrales hidroeléctricas desde la gestión de activos y el mantenimiento.

#### 3.1 Optimización del activo desde el análisis del mantenimiento en centrales hidroeléctricas. Sistemas y modos de fallo críticos y estrategias de optimización del mantenimiento.

Uno de los aspectos más importantes en la aplicación de la estrategia de mantenimiento de una central hidroeléctrica es poder dividir el activo físico en una serie de sistemas definidos por una agrupación de funciones a cumplir en el funcionamiento normal. Se define en la figura 3 los diferentes sistemas y equipos que componen cada sistema en una central hidroeléctrica.

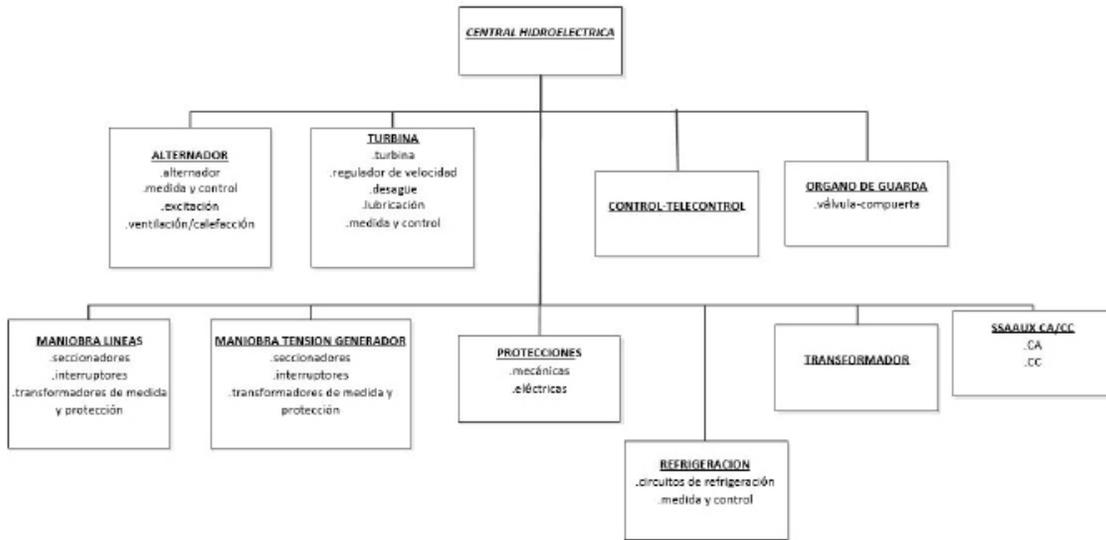


Figura 3 Sistemas y equipos que componen cada sistema de una central hidroeléctrica. (3).

#### 3.2 Análisis desde el RCM: Las siete acciones básicas.

Para el desarrollo del proceso RCM, es necesario realizar siete acciones acerca del activo o sistema que se intenta analizar. En la gráfica 1 (4) se enumeran. Estas 7 acciones, constituyen la base de análisis que nos tenemos que plantear para cada activo físico, de cara a conocerlo y definir realmente cual es la función que le exigimos, como puede fallar y qué debemos realizar para minimizar dichos fallos.

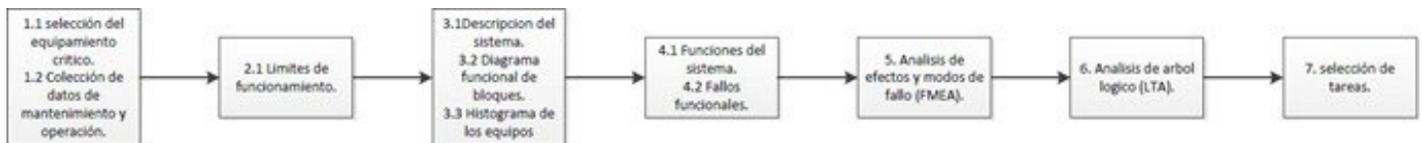


Figura 4 Principales pasos del RCM. (4).

Una vez definidas las acciones de análisis de la metodología RCM, en la figura 5 (5) se define el proceso a seguir con las acciones a definir.

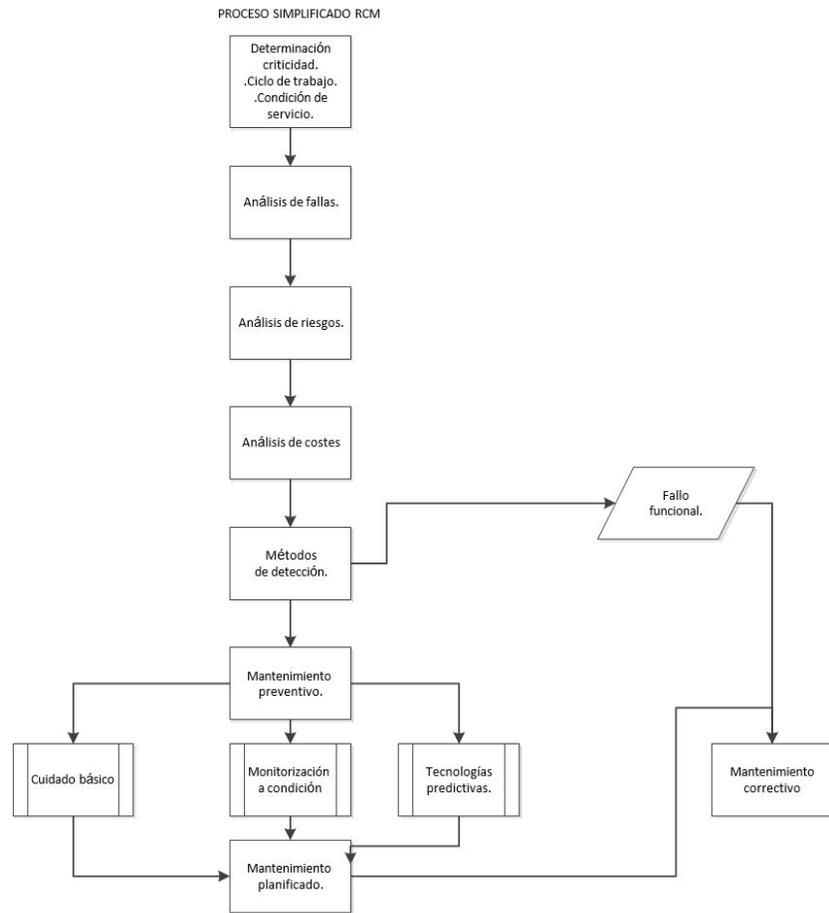


Figura 5 Proceso simplificado RCM.(5).

A continuación de definen las diferentes acciones a definir en cualquier sistema industrial a analizar mediante RCM.

### 3.2.1 Funciones y parámetros de funcionamiento.

Antes de poder definir qué proceso aplicar para determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga.
- Asegurar que sea capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

Por eso el primer paso en el proceso de RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. (6,7).

### 3.2.2 Fallos funcionales.

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por su usuario es alguna clase de fallo. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar un abordaje apropiado en el manejo de un fallo. Sin embargo, antes de poder aplicar herramientas apropiadas para el manejo de un fallo, necesitamos identificar que fallos pueden ocurrir. El proceso de RCM lo hace en dos niveles

- En primer lugar, identifica las circunstancias que llevan al fallo.
- Luego se pregunta que eventos pueden causar que el activo falle.

### 3.2.3 Modos de fallo.

Una vez que se ha identificado el fallo funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que pueden haber causado cada estado de fallo. Estos hechos se denominan modos de fallo. Los modos de fallo posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto. También incluyen fallos que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallos que aún no han ocurrido, pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.(6,7).

### 3.2.4 Efectos de fallo.

La cuarta acción en el proceso de RCM consiste en hacer un listado de los efectos del fallo, que describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de fallo. Esta descripción debe incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias del fallo, tal como

- Que evidencia existe (si la hay) de que el fallo ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si es que la representa).
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta).
- Que daños físicos (si los hay) han sido causados por el fallo.
- Que debe hacerse para reparar el fallo.

### 3.2.5 Consecuencias del fallo.

Un punto fuerte de RCM es que reconoce que las consecuencias de los fallos son más importantes que sus aspectos técnicos. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera

- Consecuencias de fallos ocultos los fallos ocultos no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallos múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.
- Consecuencias ambientales y para la seguridad un fallo tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- Consecuencias operacionales un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales)

además del costo directo de la reparación.

- Consecuencias no-operacionales los fallos que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, sólo se relacionan con el costo directo de la reparación.

### 3.3 Priorización de las acciones a realizar sobre los sistemas críticos del activo físico.

En base al análisis de modos de fallo de las centrales hidroeléctricas, se tienen que una serie de modos de fallo críticos que constituyen la base de priorización de actuación debido al riesgo detectado de producirse.

En muchos casos, es necesario priorizar el equipo más crítico en una planta industrial para evitar fallos críticos y definir un programa de mantenimiento. Por lo tanto, el objetivo principal del análisis de criticidad es definir el equipo crítico basado en las peores consecuencias de la falta con respecto a aspectos como seguridad, ambiente, producción y costos. En base a esto, el sistema de clasificación que se presenta en la tabla 2 (8), que oscila entre 1 y 4, evalúa y puntuaciones de cada aspecto.

MATRIZ DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE ACTIVOS GENERICOS.

Valor	Nivel de afectación	Seguridad	Medioambiente	Producción	Mantenimiento	Frecuencia
0	sin impacto	sin efecto	sin polución	sin parada	sin coste	>5 años
1	menor	sin efecto seguridad y sin tratamiento.	polución menor	parada menor	coste mantenimiento menor	1<x<5 años
2	moderado	efectos limitados en la seguridad	alguna polución	parada dentro de limite	coste mantenimiento aceptable	1mes<x<1 año
3	severo	daños serios, pérdida de potencial de la función de seguridad	polución signficante	parada dentro de límites aceptables.	coste por encima del normal	1 semana<x<1 mes
4	catastrófico	pérdida de vidas. Sistemas críticos no operativos.	polución mayor	parada producción	coste mantenimiento alto	x<1 semana

Tabla 2 Matriz de análisis criticidad de activos genéricos. (8).

### 3.4 Definición de opciones estratégicas de mejora en el activo físico. Minicentral hidroeléctrica.

Pasar de ver el departamento de mantenimiento de la visión actual de “generación de costos” a conseguir ser una unidad de evaluación del activo físico a mantener y análisis riguroso de las diferentes posibilidades de optimización de dicho activo físico. Hasta ahora la función del mantenimiento se ha centrado en establecer una serie de estrategias de optimización basadas en la consecución de disponibilidad y fiabilidad al mínimo coste posible. Mediante esta visión parcial de negocio conseguimos que el máximo margen de mejora puede pasar por garantizar el funcionamiento del activo físico con menor coste pero sin generar un valor añadido al negocio. La idea es analizar el activo físico por parte del departamento de mantenimiento desde la base de ser “el mejor conocedor del activo físico en la organización para poder obtener toda la información y datos de análisis de manera objetiva”, evitando que la propia organización decida los rediseños o las inversiones a aplicar en el activo físico sin tener como principal fuente de información el análisis que ha realizado el departamento de mantenimiento. (3,9).



Figura 5 Minicentral hidroeléctrica y azud de captación de canal .(Fuente Enel Power Generation Hydro).

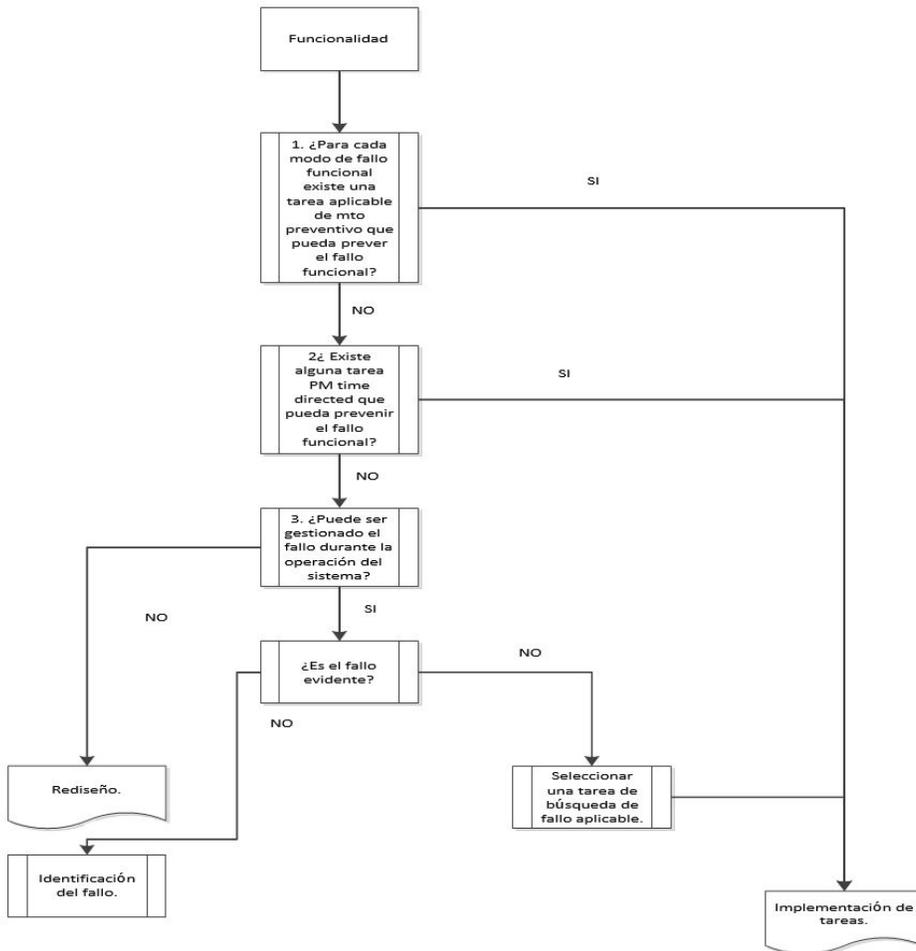


Figura 6. Análisis árbol lógico rcm (5)

- Análisis integral del activo físico para mejora y eficiencia desde el punto de vista del mantenimiento (optimización opex y justificación razonada de propuesta de capex generadora de valor añadido al negocio).
- Ficha de análisis activo físico desde el punto de vista del mantenimiento (Plan de mantenimiento anual).
- Coste del mantenimiento anual del activo físico (opex).
- Criticidad y priorización de acciones a analizar en los sistemas críticos y los modos de fallo más críticos.
- Soluciones de optimización de la explotación del sistema (ajustes para mantenimiento de la función).
- Propuesta integral de actuaciones.

## 4. Conclusiones

Considerando la estrategia definida de análisis del mantenimiento y teniendo listadas las acciones prioritarias a actuar en el activo físico (central hidroeléctrica) que habíamos reflejado en la figura 3, obtendríamos las propuestas indicadas en la tabla 3 que podríamos presentar a la organización como mejoras del propio activo físico a partir del análisis técnico económico de cada una.

SISTEMA	MODO DE FALLO	FALLA	Propuesta Mto	Rediseño	Ventajas frente propuesta Mto
Alternador	Fallo aislamiento de alternador con cortocircuito espiras y avería catastrófica del sistema.	Eléctrica	Ensayos de estado de alternador con periodicidad corta para conocer el estado de alternador previo a avería catastrófica.	Nuevo alternador de imanes permanentes asociado a un convertidor de frecuencia, que permita que el grupo hidroeléctrico pueda funcionar a velocidad variable evitando caudal mínimo técnico turbinable y con mayor eficiencia del caudal turbinado.	.Mayor producción anual de la central al aprovechar los caudales mínimos técnicos turbinables.
Turbina	Rotura alabes turbina por degradación material y cavitaciones.	Mecánica	Ensayos predictivos de vibraciones, control de aceites de cojinetes para conocer el estado de la turbina previo a avería importante.	Sustitución de turbina actual del grupo con deterioros graves en alabes y degradación de material por turbina de mayor curva de eficiencia como por ejemplo tipo turbina Crossflow.	.Mayor producción anual en caudales y saltos variables por alta eficiencia desde 12% - 100% del caudal.
Control central-canal	Avería eléctrica o mecánica de grupo sin aplicación por parte del telemando de una parada de emergencia.	Eléctrica- Electrónica.	Mantenimiento preventivo periódico para comprobar el estado de la instrumentación de campo.	Montaje de monitoreo de datos inalámbrico (temperatura, presión, caudal de refrigeración, niveles, vibraciones).	.Vigilancias mediante sistema de monitorización on line para tener de la base de datos de características del equipo, el historial de averías y resoluciones.
Canal central hidroeléctrica	Grietas en canal central. Avería catastrófica del sistema.	Obra civil	Control del estado de canal mediante vaciado e inspección de manera periódica.	Montaje paneles solares flotantes en zona canal entrada central (zona limpiarrejas).	.Mayor producción anual de la central al añadir la energía solar fotovoltaica a la energía hidroeléctrica vertida en la red.
Azud central hidroeléctrica	Fallo regulación caudal de agua concesional con falta caudal ecológico en el río.	Eléctrica- Electrónica.	Mantenimiento preventivo periódico para comprobar el estado de la instrumentación de campo.	Montaje de hidrotornillo en el paso de agua regulada desde el azud para el control del caudal ecológico de río.	.Mayor producción anual de la central al añadir la energía del hidrotornillo a la energía hidroeléctrica de la central vertida en la red.
SSAAux central. Achique central	Fallo funcionamiento de bombas de achique con inundación de la central.	Eléctrica- Mecánica	Mantenimiento preventivo trimestral con comprobación funcionamiento sistema auxiliar.	Montaje placas solares y batería para garantizar el suministro en BT de los servicios auxiliares de la central. Bomba achique con alimentación solar.	. Mayor producción anual de la central al reducir consumo eléctrico de servicios auxiliares de la central con incremento de generación eléctrica. de la central hidroeléctrica.
Transformador	Fallo aislamiento del transformador combinado con agrietamiento juntas..	Eléctrica	Ensayos de estado transformador para conocer el estado de transformador..	Sustitución transformador de potencia y servicios auxiliares por transformador seco.	.Mejora medioambiental de la instalación.

Tabla 3. Tabla de propuestas de rediseños planteadas para una minicentral hidroeléctrica.

Para finalizar, solo hay que indicar que la estrategia planteada nos puede servir para cualquier activo físico que mantengamos y que, como mejores conocedores de su estado, podamos justificar cualquier tipo de actuación con justificación de optimización del propio activo.

## 5. Referencias bibliograficas.

E. Calixto, Gas and Oil Reliability Engineering Modeling and Analysis. Gulf Professional Publishing, 2016.

IRENA (2020), Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

Martinez Monseco, Francisco Javier. "Analysis of maintenance optimization in a hydroelectric power plant." Journal of Applied Research in Technology & Engineering 1.1 (2020):23-29.

Afey, Islam H. Reliability-centered maintenance methodology and application: a case study 2010. Scientific Research SciRes, Engineering, 863-873 p.p., 2, 2010.

International Atomic Energy Agency. IAEA-TECDOC-1590. Application of Reliability Centred Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants. IAEA Viena 2007.

A. M. Smith and G. R. Hinchcliffe, RCM--Gateway to World Class Maintenance. Elsevier, 2003.

Moubray, John. Reliability-centered maintenance 1997

J. R. Sifonte and J. V. Reyes-Picknell, Reliability Centered Maintenance--Reengineered Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R®. Productivity Press, 2017.

Martinez Monseco, Francisco Javier. "Análisis básico de las mejoras en el mantenimiento de un sistema industrial (modos de fallo, rediseños, frecuencia de tareas y acciones de planes de mantenimiento)." Mantenimiento ingeniería industrial y de edificios 327 (2019):6-11.

SDT Training es nuestra plataforma online de entrenamiento en confiabilidad dedicada a enseñar y a empoderar a los ingenieros de confiabilidad a través de nuestros cursos, webinaris gratis, artículos, y comentarios en blogs.

**Esenciales de Ultrasonido™ 1** es un curso de 25 módulos llenos de información y recomendaciones útiles para cualquier nivel de técnico de monitoreo de condición; pero particularmente útil para aquellos comenzando su jornada en la confiabilidad

### Quien Deben Tomar Esenciales de Ultrasonido™

- \* Gerentes de Planta
- \* Supervisores de Turno
- \* Inspectores de Ultrasonido
- \* Planeadores de Mantenimiento
- \* Lideres de Confiabilidad
- \* Técnicos de Monitoreo de Condición
- \* Técnicos
- \* Mecánicos
- \* Electricistas
- \* Operadores



Haga clic abajo en el link para registrarse y aprender mas.  
Utilice el codigo **Predictiva21** para el 50% de descuento en **Esenciales Ultrasonido™ 1!**



Ultrasound  
Solutions

escuchar mas



# Enfoque basado en procesos

Una técnica  
holística



**Julia Pérez Rocha**  
Ingeniera en Innovación y Diseño  
Instituto Mudanai  
[julia@mudanai.com](mailto:julia@mudanai.com)



Para una organización que ha adoptado un sistema de gestión de la calidad, sobre todo basado en la Norma Internacional ISO 9001:2015, **el enfoque basado en procesos es un principio que no debe de pasar desapercibido**. Esta Norma promueve este enfoque cuando se busca complacer a los clientes mediante el cumplimiento de los requisitos que tengan.

## ¿Qué es el enfoque basado en procesos?

El enfoque basado en procesos es una técnica administrativa holística que gobierna la mentalidad y las acciones de una organización. Se debe apreciar como una filosofía de cómo la organización identifica, diseña, ejecuta, mide y controla sus procesos, alineados siempre a su visión, misión y valores.

Se entiende por misión al propósito de la organización (lo que la organización es en el presente), mientras que la visión es hacia dónde quiere llegar en el futuro. Para alcanzar la visión, es necesaria una estrategia, la cual se le conoce como el plan de acción. La estrategia responde a la pregunta ¿cómo lo voy a hacer?

## ¿Qué es un proceso?

Sin embargo, si una estrategia debe de cambiar constantemente para adaptarse al entorno, el enfoque basado en procesos permanece incorporado en la mentalidad y la filosofía de la organización. No perder el enfoque a procesos dentro de la estrategia es la clave. Entonces para establecer una estrategia basada en procesos, es necesario definir primero qué es un proceso.

Un proceso se define como un conjunto de actividades que se tienen que llevar a cabo en orden para lograr convertir una cierta entrada en alguna salida deseable tanto por el cliente como por la organización. A su vez, una salida puede ser una entrada para otro proceso.

## Enfoque basado en funciones - organización vertical

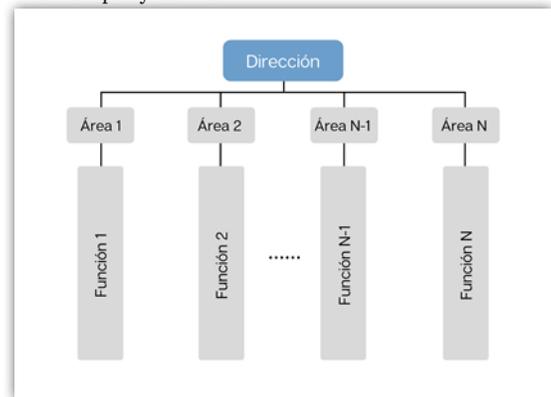
Una forma tradicional de organización de procesos es la que está estructurada verticalmente, enfocada en las funciones de los colaboradores. La dirección se encuentra en la cima del organigrama y de ahí se derivan todos los departamentos, los cuales tienen procesos específicos. Se creía que asignando objetivos a cada departamento, se lograrían alcanzar las metas de toda la organización. La verdad es que aunque si se cumplían los objetivos de cada área y esta era eficiente individualmente, nunca se alcanzaban las metas del conjunto.

El problema de esta gestión vertical, es que el cliente queda aislado por completo, siendo casi imposible satisfacer verdaderamente sus necesidades. El cliente “entra” al organigrama vertical por los laterales. Esto quiere decir que si el cliente tiene una petición de compra, por ejemplo, será atendido inicialmente por un colaborador de cierto departamento (comúnmente de ventas). Después su petición se moverá hacia el departamento de la derecha y así sucesivamente. Este orden puede llegar a un punto en el que un departamento no tenga claro quién es el cliente y cuál era verdaderamente su necesidad, o si el pedido requería ser atendido con antelación.

Este camino que toma el cliente en una organización vertical, ralentiza los procesos y afecta los costos. Se dan también comúnmente casos en los que los colaboradores recurren a sus superiores para solucionar un problema, cuando estos no están al tanto de la situación.

## Organización horizontal

Cuando surge un problema en los procesos, va a ser difícil encontrar la causa, dando lugar a un error común: culpar a la persona y no al sistema. La pregunta correcta no es quién, hay que enfocar la búsqueda en el qué y cómo.

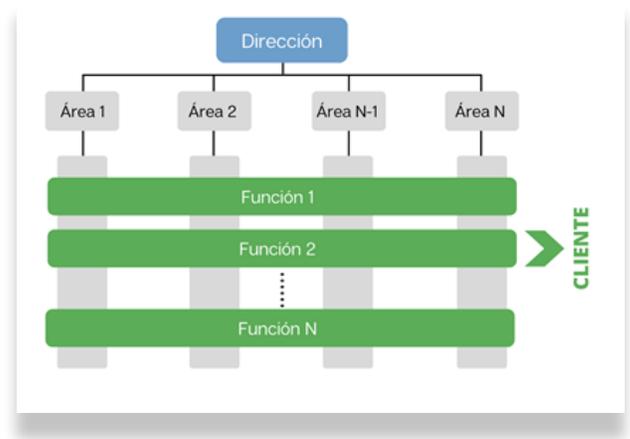


El enfoque basado en procesos propone un sistema horizontal. La principal diferencia con el sistema vertical, es que el vertical como se menciona antes, se enfoca en las personas de la organización. Este sistema horizontal se enfoca en los procesos poniendo como centro al cliente, sin dejar a un lado la misión y visión de la organización.

## El cliente como pieza fundamental

Una organización que gestiona su procesos en base a este enfoque, destaca en lo siguiente:

- Sus empleados visualizan la organización como un todo, familiarizados con todos los procesos de la organización. Para los empleados que toman decisiones, tener en mente



este principio, hará la toma de decisiones más clara en cuanto a cómo estas pueden afectar otros procesos.

- Las funciones (personas) siempre van a estar al servicio de los procesos. Al cliente sólo le interesa que el producto final llegue a sus manos en el plazo acordado, pero sobre todo con la calidad y precio esperados. Esto quiere decir que no le interesa la eficiencia de las áreas, si no la eficiencia de los procesos.
- Es más fácil para una organización identificar qué proceso no está aportando valor al producto final para así descartarlo.
- Cada proceso, como su primera obligación, mira las demandas de sus clientes, ya sean internos o externos. En la medida que cada proceso satisfaga a sus clientes, todos los procesos estarán alineados, porque los requisitos lo están. De esta manera se satisface al cliente externo, ósea el cliente final.

## Beneficios del enfoque basado en procesos

- Reducción de costos, lo que permite dar precios más bajos a los clientes y ser más competitivo.
- Incremento en las utilidades de la empresa.
- Mejora la flexibilidad de la organización ante cambios del entorno, dando la posibilidad de ajustar con agilidad la estrategia.
- Clientes satisfechos con el producto o servicio entregado.
- Identificación rápida de fallos en los procesos, cuellos de botella y errores en la calidad.
- Empleados alineados a la misión y visión de la empresa, cumpliendo todos los mismos objetivos estratégicos.
- Productos homogéneos siempre, sin espacio a la variabilidad en los procesos.

## Referencias

IEP - Instituto Europeo de Posgrado. (19 de junio de 2019). Masterclass: Gestión por Procesos (Business Process Management: BPM). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=C2W8CqC9Z54>

ISO 9001:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos. (2015, septiembre). Online Browsing Platform. Recuperado diciembre de 2021, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>

# PUBLICA TU ARTÍCULO EN

**PREDICTIVA21**



Contáctanos

