

## **Metodología para disminuir el consumo energético en empresas y activos industriales**

Methodology for diminish energetic consume on energetic enterprises and assets

Dr. Francisco Martínez Pérez<sup>1\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-8947-7870>

<sup>1</sup>Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento (CEIM), Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.

\*correo para la correspondencia. [fmartinez@ceim.cujae.edu.cu](mailto:fmartinez@ceim.cujae.edu.cu)

### **RESUMEN**

Este artículo dirigido a estudiantes de carreras universitarias que desarrollen proyectos de investigación y a todo profesional que trabaje con el propósito de disminuir el consumo energético, aspecto de suma importancia en el día de hoy; tiene el propósito de brindar un proceso metodológico para lograrlo. Se escribe un aspecto de carácter general y se profundiza en su aplicación en la disminución energética en activos industriales.

**Palabras claves:** consumo energético, metodología, activos industriales.

### **ABSTRACT**

This article is developed to give a methodological process for university students and professionals that have the purpose of diminish energetically consume, aspect of great importance nowadays. The methodology could be applied in general for that purpose; but also is given a methodology to work directly on industrial actives.

**Key words:** *energetic consume, methodology, industrial assets.*

Recibido: 19/11/2024

Aceptado: 30/01/2025

## INTRODUCCIÓN

La energía y el ahorro energético se convierte hoy en un problema muy importante a tener en cuenta en el mundo. Si analizáramos el porqué de esto, pudiéramos comentar los siguientes aspectos.

La energía se obtiene a partir de las fuentes de energía y las cantidades disponibles de dichas fuentes es lo que se denomina recursos energéticos. El carácter limitado o ilimitado de dichas fuentes nos permite diferenciarlas y valorarlas en términos de sostenibilidad partiendo de la evidencia de que la atmósfera está alcanzando su límite medio ambiental y de que el consumo energético sigue creciendo, demandando su urgente disminución.

El desarrollo tecnológico ha posibilitado el uso práctico de la energía del sol (directa), el viento, la tierra, el mar y la biomasa. Se conocen las aplicaciones de generadores de electricidad eólicos, paneles solares para calentamiento de agua, celdas solares para generación de electricidad, sistemas de iluminación que utilizan la luz del día, utilización de desechos como combustibles, etc.

Más recientemente han aparecido los generadores de hidrógeno y los biocombustibles. Estos últimos si son bien manejados constituyen una vía nada despreciable para la sustitución de los combustibles fósiles. No obstante, estas tecnologías, son insuficientes y algunas están limitadas para los países en vías de desarrollo, por su alto costo.

Las fuentes de energía son finitas, y, por lo tanto, su correcta utilización se presenta como una necesidad del presente para que podamos disfrutar de ellas en un futuro. Pero practicar un consumo más responsable e inteligente de la energía que consumimos es tarea de todos. Por todas estas razones hoy se hace indispensable el ahorro energético y la eficiencia energética.

### **Ahorro y Eficiencia Energética**

La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía, manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. (Díaz et al., 2005).

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, siempre que su consecución no afecte negativamente al volumen de actividad. Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética, indicador generalista que señala la relación entre consumos de energía y el Producto Interno Bruto (Restrepo, 2003).

El objetivo debe ser gestionar un sistema donde se combinen la eficiencia energética, con la consecuente reducción del gasto, y la potenciación de las energías de carácter renovable y ello concientizando a todos los actores que intervienen en el multidisciplinario proceso de construir nuestro entorno.

Durante los últimos años la reducción de costos de energía en la industria ha sido objeto de cuidadosa atención. Esto se ha venido logrando con la aceptación e incorporación de medidas que permitan implementar proyectos de ahorro y establecer un programa sostenible. En algunas industrias los costos de energía representan un gran porcentaje que puede ir del 7 al 24% del costo de producción total. Con respecto al consumo energético, éste se incrementa a un ritmo superior al crecimiento económico, básicamente debido al comportamiento de los sectores doméstico, comercial y de servicios, y también del industrial y de los grandes equipamientos (Urteaga, 2005). Sobre estos temas se han realizado diferentes estudios.

El diagnóstico energético es una técnica que detecta áreas de oportunidad en materia de ahorro de energía, de una manera clara y específica en todos los sectores o áreas donde se genera el mayor consumo de energía eléctrica. Para entender la importancia y necesidad del ahorro de energía eléctrica, resulta indispensable reconocer el impacto del sector energético sobre los países y su desarrollo; para ello conviene visualizar el impacto desde sus tres dimensiones: económica, social y ambiental”. La asistencia técnica a las empresas, muchas veces toma la forma de una auditoría o diagnóstico energético.

Su procedimiento consta de los siguientes pasos.

- ✓ Recolección de información básica e inventario general de las instalaciones.
- ✓ Elaborar balances de energía.
- ✓ Determinar la incidencia del consumo de energía de cada equipo o grupo de equipos en el consumo de energía total, y por lo tanto, en el costo total.
- ✓ Obtener índices de consumo de energía.

- ✓ Determinar los potenciales de ahorro de energía por equipos, áreas o centros de costos.
- ✓ Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía.
- ✓ Determinar los parámetros síntomas y los medios adecuados de diagnóstico energético.
- ✓ Evaluación de los ahorros de energía en términos de costos.
- ✓ Utilización de sensores de movimiento.
- ✓ Uso de herramientas de ahorro energético en Sistemas de Cómputo.
- ✓ Recuperación de condensados.
- ✓ Reducción de fugas de vapor.
- ✓ Mejora del aislamiento.

Aunque mucho se ha trabajado en el sector residencial, sin dudas un gran consumidor de energía, es el del sector industrial. Aunque existen estudios y recomendaciones para accionar en cuanto al ahorro energético en este último sector, no lo está al mismo nivel, sobre todo en los países subdesarrollados, así como trabajar en el incremento de la eficiencia energética industrial y el innegable papel que puede jugar el mantenimiento en este aspecto. Es precisamente a estos dos temas, a los que está dedicada este artículo. Debe tenerse en cuenta que los costos energéticos relativos al plan de producción son elevados para diferentes industrias y lo son particularmente en algunas de ellas, tal como se puede apreciar en la Fig. 1

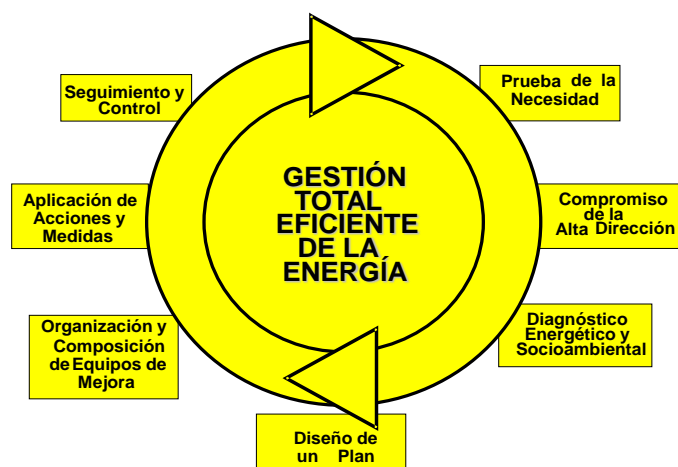
### **Costos energéticos relativos a los costos totales de producción**

<b>Sector Industrial</b>	<b>%</b>
<b>Fabricación de Hielo</b>	<b>70%</b>
<b>Cemento</b>	<b>35%</b>
<b>Amoniaco</b>	<b>50%</b>
<b>Aluminio</b>	<b>30%</b>
<b>Acero</b>	<b>30%</b>
<b>Vidrio</b>	<b>30%</b>
<b>Fertilizantes</b>	<b>25%</b>
<b>Papel</b>	<b>25%</b>
<b>Cerámica</b>	<b>20%</b>
<b>Metalúrgica</b>	<b>15%</b>
<b>Textil</b>	<b>12,5%</b>
<b>Alimentos</b>	<b>10%</b>
<b>Refinación de Petróleo</b>	<b>7,5%</b>

**Figura. 1** Costos energéticos relativos a los costos totales de producción, en diferentes industrias.

### La disminución del consumo energético en la industria

La aplicación de un diagnóstico energético es una organización ayuda a encontrar áreas de oportunidad para la optimización de la utilización de la energía. La falta de atención a estas áreas de oportunidad presupone el seguir haciendo un uso ineficiente de la energía eléctrica como insumo de la producción, lo cual mantendrá un alto costo de la misma, y al final se reflejará en la economía de la empresa. En cambio, la realización de un diagnóstico energético en la empresa, mostrará las áreas críticas en cuanto al consumo, para la aplicación de tecnologías más modernas que ayuden al ahorro del consumo de la misma. Las empresas industriales pueden lograr ahorros de energía de hasta un 40%, algunos sin inversión de capital, mediante la aplicación de métodos de gestión energética [6]. El método debe comenzar por detectar aquellas áreas de máxima oportunidad. El plan de gestión energética debe partir de su planificación y organización tal como se muestra en la Fig. 2.



**Figura. 2** plan para una gestión eficiente de la energía.

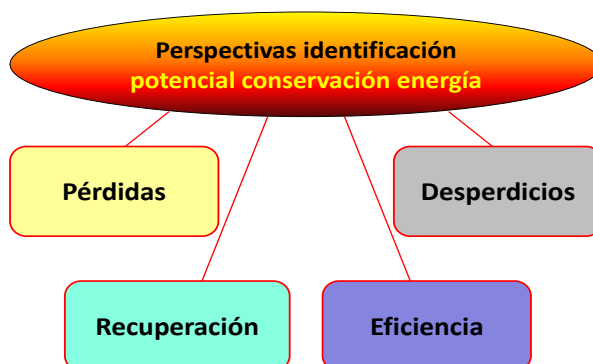
Adicionalmente, se debe trabajar en la identificación de las áreas de oportunidad, determinando el comportamiento de los equipos instalados en determinadas áreas, para hacer un análisis entre su desempeño y su consumo (su eficiencia). Algunas medidas a tener en cuenta, se muestran en la Fig. 3.

### Puntos de chequeo para el ahorro de energía

Acción	Aspecto	Ejemplo
Detener	Energía La pérdida energética	No operación en vacío. No operaciones en falso. Mínimos tiempos de calentamiento. No luces innecesarias.
Disminuir	Temperatura, presión, flujo, contrato electricidad	Presión aire y vapor, temperatura calentamiento, volumen agua, volumen aire soplado.
Mantener	Estado equipos y sistemas	Fugas aire, vapor, agua, aceite, combustibles. Material aislamiento. Luminarias.
Detener	Equipos innecesarios	Ventiladores, equipos auxiliares.
Dividir	Elementos usados en grupos	Seccionalización circuitos alumbrado. Independización sistemas aire comprimido, agua enfriamiento, etc.
Recuperar	Calor perdido	Recuperación condensado, drenajes calientes. Aprovechamiento energía gases calientes.
Cambiar	Método producción, proceso, tipos de energía. Adopción equipos más eficientes.	Electricidad, gas combustión, refrigeración, acondicionamiento aire, iluminación, presión hidráulica, cogeneración.

**Figura. 3** Algunas medidas a tener en cuenta para la gestión energética.

Los aspectos a considerar aparecen en la Fig. 4.



**Figura. 4** Aspectos para la identificación de potenciales de conservación de la energía industrial.

Estos diferentes aspectos deben ser considerados de la siguiente forma.

**Pérdidas:** Se refiere a aquellas pérdidas que son mayores que las técnicamente admisibles. Ejemplos: pérdidas de hierro en transformadores sub cargados, energía eléctrica reactiva no compensada, disipación de calor por superficies de tuberías, tanques y paredes que no están bien aislados, fugas de calor por válvulas en mal estado o no bien cerradas, pérdidas de calor por trampas deficientes, pérdidas térmicas en locales

climatizados que no están bien hermetizados o protegidos contra la penetración solar y salideros o fugas de todo tipo.

**Desperdicios:** Se refiere tanto a consumos energéticos directos o indirectos, superiores a los requeridos técnicamente, como a los efluentes que contienen un valor energético. Ejemplos: ciclos de cura excesivos en prensas de vulcanización de neumáticos, presión excesiva en instalaciones de compresión de aire o generación de vapor, operación de plantas a bajas capacidades, inadecuada organización de la producción, gases de combustión con temperatura excesiva o con alto contenido de CO, fluidos en general que salen de los procesos con niveles de energía aprovechables.

**Recuperación:** Se refiere al aprovechamiento de la energía desperdiciada. Ejemplos: los más clásicos son la recuperación de condensado y la instalación de economizador o calentador de aire en conducto de salida de gases de calderas y hornos, aunque hay muchos más.

**Eficiencia:** La idea es obtener el mejor comportamiento posible conjugando los elementos técnicos y económicos. Tiene varios componentes: diseño, tecnología, selección, estado técnico y operación de equipos y sistemas. Se debe evaluar la conveniencia de sustituir el activo o seguir explotándolo, siempre mediante un análisis del costo del ciclo de vida. El mantenimiento juega siempre un papel importante en la eficiencia.

### **Errores que se cometen en la gestión energética.**

- Se atacan los efectos y no las causas de los problemas.
- Los esfuerzos son aislados, no hay mejora integral en todo el sistema.
- No se atacan los puntos vitales.
- No se detectan y cuantifican adecuadamente los potenciales de ahorro.
- Se consideran las soluciones como definitiva.

### **Diagnósticos o auditorías energéticas:**

El diagnóstico o auditoría energética constituye la herramienta básica para:

- saber cuánto, cómo, dónde y por qué se consume la energía dentro de la empresa.
- establecer el grado de eficiencia en su utilización.
- identificar los principales potenciales de ahorro energético y económico, y definir los posibles proyectos de mejora de la eficiencia energética.

## **El Mantenimiento y la Eficiencia Energética**

La función del Mantenimiento: es asegurar que todo Activo Físico continúe desempeñando las funciones deseadas. El objetivo de Mantenimiento, es asegurar la competitividad de la Empresa, garantizando niveles adecuados de la Confiabilidad y Disponibilidad de los equipos, respetando los requerimientos de Calidad, Seguridad Industrial y cuidado del Medioambiente

Confiabilidad: probabilidad de que un determinado equipo opere bajo las condiciones preestablecidas sin sufrir fallas.

La eficiencia energética, no es un fin en sí mismo, forma parte de los costos operativos y de mantenimiento como generador de rentabilidad de la empresa; por lo que los empresarios no deben darle la espalda.

La eficiencia energética dependerá, al igual que la Confiabilidad Operacional de:

- Del diseño del equipo
- Cómo se opera el equipo
- Cómo se mantiene el equipo

La mala operación, y la sobrecarga de los equipos, tendrán nefastas consecuencias tanto sobre la Confiabilidad de los equipos, como con el consumo de energía. La correcta operación es un pilar fundamental de la eficiencia energética.

En el caso de operación manual, el rol de operador de máquinas es fundamental, para una buena operación. Debe capacitarse y entrenarse al operador, para concientizarlo de su incidencia en el cuidado del equipo y en la eficiencia energética.

## **La eficiencia energética en los activos industriales**

Los procesos en sistemas tribomecánicos se caracterizan porque de la potencia mecánica total entregada al sistema, solo una parte se puede obtener en forma de salida útil del sistema. El resto, o bien se acumula dentro del sistema, o bien se pierde hacia el medio circundante, o bien se transfiere como energía térmica, dentro o fuera del sistema.

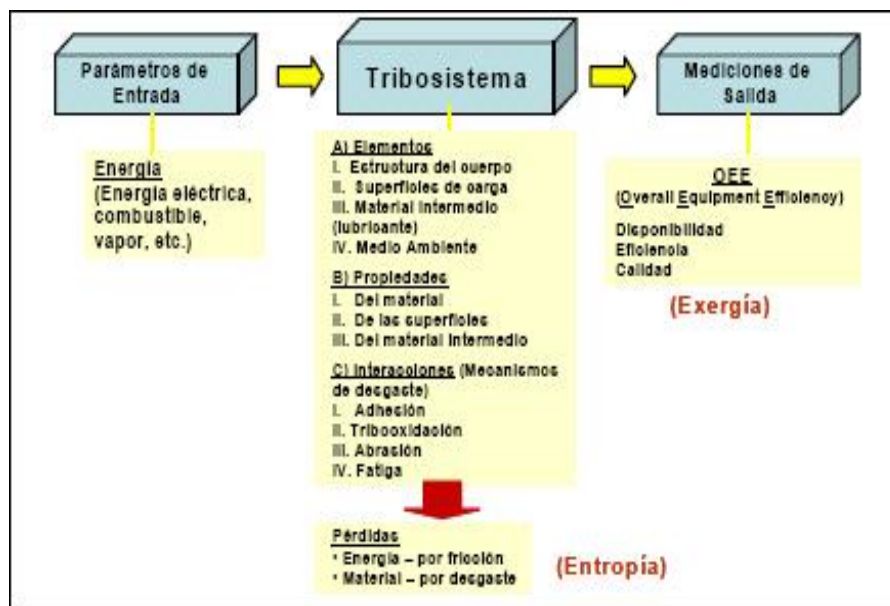
La transmisión de potencia a través de sistemas tribomecánicos solo es factible en presencia de procesos de deformación elástica en las piezas de las máquinas, dentro del sistema. Esta deformación puede ser volumétrica (como en el caso de árboles o dientes de engranajes) o superficial, a través de la superficie de separación de las piezas en contacto (como es el caso de buje y árbol en cojinetes o en los flancos de los dientes de

un engranaje). Estos procesos de deformación elástica son reversibles. Los procesos que disipan potencia son, por supuesto irreversibles. En ellos interviene como causa primaria la fricción.

La aplicación de la Tribología es esencial en el estudio de la energética de la fricción. Parte del trabajo de entrada al sistema, puede acumularse como energía cinética o potencial en los cuerpos del sistema, o bien puede transformarse en calor debido a fenómenos tales como la deformación plástica, la adhesión de los cuerpos, la histéresis elástica e inclusive el trabajo necesario para producir desprendimiento de material.

Cuando se acumula energía, en forma de calor, dentro del sistema, se eleva la temperatura de los cuerpos y con ello se modificarán las reacciones químicas entre los cuerpos, por ejemplo, procesos de oxidación superficial y también las propiedades de los cuerpos. Como consecuencia se disminuye la eficiencia del sistema, se incrementa el consumo energético. Hoy es lo más usual, representar este esquema en el llamado análisis

#### TRIBOTERMODINÁMICO (TTD) (Fig. 5)



**Figura. 5** análisis tribotermodinámico de un tribosistema.

Se arriba a una conclusión importante: la tribología es un proceso esencialmente energético.

Otra conclusión esencial, en la aplicación de la tribología, es que todo se reduce a disminuir la entropía de los sistemas e incrementar su exergía, tal como puede apreciarse en la Figura. 7. El resultado será el de sistemas más eficientes y de notable reducción del consumo energético.

La entropía es la magnitud del desgaste de la energía dentro de un sistema. Este desgaste no consiste en la desaparición de la energía, sino de su dispersión en el sistema hacia un estado de mayor equilibrio en que la energía va quedando inutilizable, requiriendo así, un flujo de energía mayor lo que atenta contra la eficiencia del sistema.

La tribología, como ciencia y técnica del mantenimiento, es la única disciplina que permite analizar la disminución de la entropía y el incremento de la exergía de todo sistema tribológico o par de fricción como sistema. Para ello hay que emplear la modelación físico matemática.

Se llama modelación física al estudio de los aspectos y características físicas, en un banco de ensayo, conservando la naturaleza física del fenómeno que se estudia (Fraguela, 2011) pero desarrollando este análisis con otras dimensiones, que pueden ser tanto geométricas como físicas. Las características del modelo que se estudia, mediante la modelación física, debe tender a lograr una igualdad en cuanto a la naturaleza del modelo y el objeto real. O sea, tanto en uno u otro caso, para un par de fricción, por ejemplo, se emplean los mismos materiales e igual lubricante.

En segundo lugar, basándose en el análisis gráfico efectuado, se elabora un modelo jerárquico, cuyo objetivo es la determinación de los parámetros fundamentales y secundarios. La determinación de los parámetros ejerce una influencia importante en todos los subsistemas; los parámetros fundamentales ejercen influencia en la mayoría de los subsistemas, en cuanto a la fricción y la intensidad del desgaste, mientras los secundarios en solo un 10-15%.

En tercer lugar, se elabora una relación entre las dependencias funcionales del modelo  $f_m$  por medio de los parámetros de salida (coeficiente de fricción, intensidad del desgaste, temperatura generada por la fricción) en parámetros del  $p_1$  al  $p_i$  en la forma:  $f_m = \Psi (p_{m1}, p_{m2}, p_{m3}, \dots p_{mi})$  para investigar el proceso en el modelo y también las dependencias en cuanto al objeto real  $f_{or} = \Psi (p_{or1}, p_{or2}, p_{or3}, \dots p_{ori})$ , donde los parámetros  $p_1$  al  $p_i$  expresan parámetros como la velocidad, la carga, la densidad del material, etcétera. Si la finalidad es la de obtener tres parámetros básicos, para describir el fenómeno, entonces debe escribirse la determinante básica  $D_o$ , la cual tendrá la siguiente forma:

$$D_0 = \begin{matrix} & \begin{matrix} M & L & T \end{matrix} \\ \begin{matrix} P_{11} \\ P_{12} \\ P_{13} \end{matrix} & \begin{matrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{matrix} \end{matrix} \quad , \text{ con la condición que } D_0 \neq 0.$$

Al resolverse la variable generalizada  $\pi_{15}$ , deberá compararse la misma con las variables generalizadas conocidas, siendo garantía de aquella, si existe alguna coincidencia con éstas.

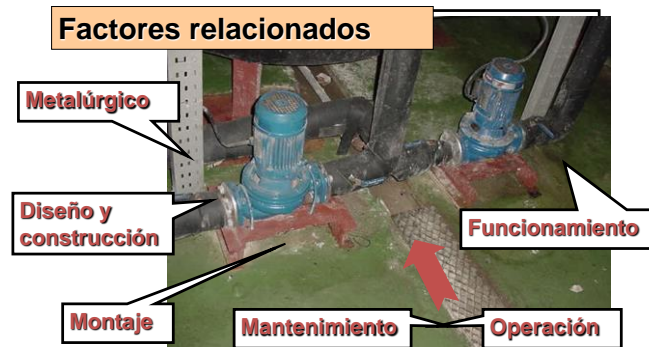
Otra forma más sencilla, es la del empleo de la medición y el diagnóstico, lo cual permite el conocimiento necesario para pronosticar el comportamiento mecánico de la maquinaria industrial. Mediante el empleo de diferentes técnicas de diagnóstico.

¿Qué es diagnosticar?

- Averiguar, investigar, determinar.
- Conocer la naturaleza de un problema mecánico mediante la observación de sus síntomas y signos.
- Calificar el problema mecánico según los signos que advierte.
- Determinar cualquier alteración, anormalidad, malfuncionamiento.
- Determinar la fuente del fallo.

Las fuentes de fallos pueden ser diversas. En la Fig. 6 puede observarse, las diferentes fuentes de fallos.

## Fuente de fallos



**Figura. 6** clasificación de las diferentes fuentes de fallos.

Las diferentes fuentes de fallos pueden tener además diferentes orígenes'

1. Fuente de fallos funcionales; Relacionados, entre otros, con el proceso tecnológico y productivo:

- Mecánico.
- Eléctrico.
- Automática.
- Químico.
- Estructural.

2. Fuente de fallos por mantenimiento; relacionados, entre otros, con el personal encargado y suciedad innecesaria:

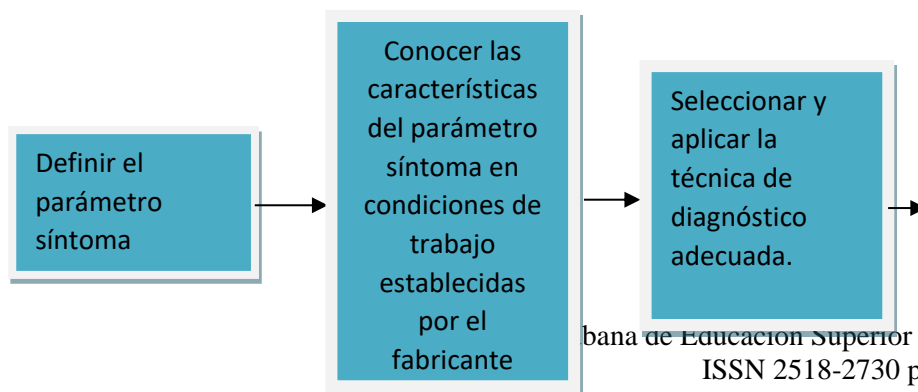
- Materiales, insumos y herramientas inadecuadas para ejecutar labores de mantenimiento.
- Dejar suciedad en elementos y partes (depósito de material).
- Dejar tolerancias fuera de medida.
- Daños físicos durante las labores de mantenimiento y/o montaje.
- Mal montaje o alineación.

3. Fuente de fallos por operación; relacionados, entre otros, con el personal encargado.

- Personal no calificado.
- Ritmo de trabajo incorrecto.
- Descuido, decisión incorrecta.
- Operación fuera de parámetros.

- Manejo incorrecto de límites (carga, alertas y alarmas).
  - Operación fuera de norma.
4. Fuente de fallos por diseño – construcción; relacionados, entre otros, con:
- Dimensiones y tolerancias fuera de medida.
  - Uso de metales inadecuados.
  - Imperfección en los elementos de máquinas.
  - Incumplimiento de las normas de diseño.
  - Incumplimiento de las normas de manufactura.
5. Fuente de fallos por montaje (inversión – mantenimiento); relacionados, entre otros con:
- Uso de materiales e insumos inadecuados.
  - Incorrecto montaje de cojinetes de rodamientos y deslizamiento.
  - Incorrecto apriete de los pernos.
  - Bridas fuera de medida.
  - Montaje con desalineación entre ejes.
  - Montaje con desalineación de las transmisiones.
6. Fuentes de fallos en materiales metálicos; relacionados, entre otros, con:
- Deformación elástica excesiva.
  - Deformación plástica excesiva (fluencia).
  - Fractura.
  - Desgaste, corrosión.
  - Corrosión y oxidación a elevadas temperaturas.
  - Fisuración por tratamiento térmico.
  - Porosidad en soldadura.

Para desarrollar las diferentes técnicas de diagnóstico se necesita de una secuencia de pasos que puede ser apreciada en la Fig. 7. (Fraguela, 2011)



**Figura. 7** secuencia de pasos para determinar fallos.

Relacionado con la Fig. 7 es necesario conocer varios aspectos:

a. ¿Qué es un parámetro síntoma?

Es un parámetro medible, sensible y efectivo el cual manifiesta comportamiento, estado técnico, malfuncionamiento o condición tecnológica, de proceso o dinámica. Los parámetros síntomas pueden ser tecnológicos o de proceso. En toda tecnología de diagnóstico siempre habrá parámetros síntomas.

Son parámetros síntomas: Vibración, Temperatura, Presión, Flujo, Consumo, Corriente, Parámetros del lubricante, Partículas contaminantes o de desgaste, Ruido, Otros.

b. En cuanto a conocer los parámetros establecidos por el fabricante; si esto no se conociera, es posible hacerlo por otras empresas, haber medido el parámetro después del asentamiento de la máquina o después de una reparación capital.

c. ¿Qué significa seleccionar la tecnología de diagnóstico adecuada?

Las tecnologías de diagnóstico reflejan cuantitativa o cualitativamente el estado de la maquinaria industrial a partir de la medición de los parámetros síntomas seleccionados.

No siempre las tecnologías de inspección y diagnóstico requieren de inversiones previas cuantiosas. Esto quiere decir que existen tecnologías de inspección organolépticas, a veces olvidadas, aunque requieren de experiencia en su aplicación.

Inspecciones técnicas organolépticas:

- Tacto (tocar, palpar). Por ejemplo viscosidad del lubricante. Tocar o palpar: Forma común de detectar cambios de temperatura, vibraciones e irregularidades o deficiencias en superficies.
- Oído (escuchar). Por ejemplo ruido en la máquina. forma común de detectar ruidos, crepitaciones, golpes, durante el funcionamiento de las máquinas y equipos.

- Vista (observar, mirar). Por ejemplo cambio de coloración del lubricante. Observar: forma común de detectar daños (salideros, fugas, grietas), humo o cambios de color de superficies por recalentamiento y evaluar subjetivamente su magnitud y consecuencias.
  - Olfato (oler) Por ejemplo olor a quemado. Forma común de detectar anomalías por salideros, fugas o combustión y evaluar subjetivamente su magnitud y consecuencias.
- Todas estas inspecciones dependen básicamente de la habilidad del especialista/operario y de su experiencia con casos similares.

Las inspecciones técnicas organolépticas tienen ventajas y desventajas.

Son ventajas:

- Poco costo.
- Rapidez en su ejecución.
- Se obtiene una indicación inmediata y directa del estado de los componentes de la máquina sin necesidad de procesar resultados.

Son desventajas:

- Su alcance está limitado al rango de posibilidades visual y de acceso del inspector.
- La evaluación de la severidad del daño tiene un carácter totalmente subjetivo.
- Solo podrán ser detectados daños cuyas manifestaciones sean evidentes en la superficie de equipos y máquinas.

Las inspecciones de proceso no requieren tecnologías especiales o solo el montaje de dispositivos sencillos, como puede ser la instalación de un Bernoulli para medir flujo. Son valores medibles de parámetros que relacionan el comportamiento y las manifestaciones del proceso productivo.

Su campo de aplicación es en procesos productivos donde exista algún atributo del producto o artículo medible y controlado por la automática instalada (sistemas de monitoreo de parámetros) o por la instalación o empleo de dispositivos sencillos (lápices de termo color, equipos Orsat y otros).

Son desventajas de estas inspecciones que: requieren de personal capacitado y requieren de data histórica del proceso.

La aplicación de tecnologías de diagnóstico sí requiere de la adquisición de equipos especializados. Su aplicación, por lo general se hace a equipos dinámicos, aunque hay tecnologías que pueden ser aplicadas a equipos estáticos. Son tecnologías de diagnóstico:

- Análisis de vibraciones.
- Análisis de lubricantes y de partículas contaminantes o de desgaste.

- Medida y análisis de la intensidad de corriente eléctrica.
- Termografía infrarroja
- Ensayos no destructivos (NDT en inglés).
- Equipos para alineación por láser.
- Equipos para medir rpm.

### **Eficiencia Energética y la Operación**

La falta de procedimientos operativos, y las malas prácticas operativas, atentan tanto, la Confiabilidad Operacional, como a la Eficiencia Energética. Más en el caso de operación manual, el rol de operador de máquinas es fundamental, para una buena operación. Debe capacitarse y entrenarse al operador, para concientizarlo de su incidencia en el cuidado del equipo y en la eficiencia energética. Mientras que, en el caso de Plantas de proceso, existe gran oportunidad de mejora de la Eficiencia Energética, integrando mayor automatización en los sistemas, que permita modular la capacidad y minimizar el tiempo en funcionamiento.

No debe nunca olvidarse el principio de que: el cliente principal del mantenimiento es la operación

### **Indicadores de Eficiencia Energética**

La única forma de control del rendimiento energético, es a través de Indicadores. Pero, si no se estandariza qué se quiere medir y cómo se va a medir, y con qué frecuencia, no ayudará a controlar y mejorar el sistema.

Para poder evaluar y controlar la eficiencia y eficacia del Proceso Productivo y de Mantenimiento, permitirán:

- Realizar un control y seguimiento interno
- Realizar Benchmarking, ya sea interno o con Empresas del mismo rubro en distintas regiones

Además de indicadores globales, resulta conveniente definir indicadores específicos para cada Subsistema principal de la Empresa.

a. Indicadores de rendimiento energético en circuitos de vapor

Algunos ejemplos:

- Vapor generado / Consumo de combustible
- Volumen de agua neta consumida / Vapor generado

- Vapor generado / Volumen de producción
- b. Indicadores de Rendimiento Eléctrico

Algunos ejemplos:

- Energía eléctrica consumida en Producción / Volumen de Producción
- Factor de potencia

La administración de la energía necesita un enfoque gerencial coherente e integral. La experiencia demuestra que los ahorros de energía sólo son significativos y perdurables en el tiempo cuando se alcanzan como resultado de un sistema integral de gestión energética. En la Fig. 8 puede apreciarse en un diagrama causa-efecto las espinas de pescado de la ineficiencia energética.



**Figura. 8** diagrama causa- efecto de la ineficiencia energética.

Salvo raras excepciones, las mayores reservas de ahorro de energía en la industria están en el proceso, de ahí que se imponga el conocimiento de la tecnología en la que participan los equipos y la función específica que ellos realizan. El especialista energético debe dominar los elementos fundamentales de todos los procesos de su ámbito de acción, pero para llevar a cabo un eficaz análisis de la economía energética se impone el concurso de los especialistas de operaciones, tecnología y mantenimiento.

## CONCLUSIONES

La energía es, y lo será cada vez más en el futuro, uno de los recursos más importantes para un mundo en vías de desarrollo o desarrollado tecnológicamente.

El aumento del consumo energético, unido a la escasez de los recursos energéticos de que disponemos, hará que la eficiencia energética adquiera un papel aún más relevante dentro de nuestra sociedad, de manera que podamos satisfacer las necesidades que tenemos en el presente, sin comprometer las futuras. La tecnología es elemento fundamental en la mejora de la eficiencia de todas las etapas de la cadena de suministro de energía, necesarias para dar respuesta a los desafíos actuales del sector energético: seguridad de suministro, protección del medio ambiente, mejora de la competitividad y mantenimiento del progreso y del bienestar social.

El hecho de reducir el consumo energético está relacionado directamente con el beneficio económico obtenido, siendo este beneficio el porqué de dicho consumo.

Las mejoras de eficiencia energética de todos los procesos se presentan como la oportunidad de evitar mayores problemas en nuestro planeta. Estas mejoras deben ser conseguidas primordialmente en todos los sectores de nuestra sociedad, y en especial en los sectores más intensivos energéticamente, como es el caso de la industria.

En el sector industrial, el consumo energético ha ido aumentando con el paso de los años, alcanzando un peso del 30% en el total del país, siendo el segundo sector con un mayor consumo, solo por detrás del sector Transporte. La aplicación de programas de eficiencia energética, puede ser útil para acercar el problema del consumo no racional de la energía dentro de las empresas.

Las medidas a tomar dentro del sector industrial, son las siguientes: realización de auditorías energéticas, la mejora de la tecnología de equipos y procesos, y la implantación de sistemas de gestión energética. Las conclusiones que se pueden obtener de este tipo de estudios permitirán descubrir procesos ineficientes, generar y evaluar acciones correctivas, y desarrollar mecanismos de control y seguimiento de estas acciones. La construcción de indicadores energéticos nos sirve para evaluar las tendencias de la eficiencia energética a nivel macroeconómico y sectorial.

En estos propósitos, el mantenimiento puede y debe jugar un papel esencial en estrecha coordinación con operaciones y el especialista o responsable de la energía. Estas acciones deben realizarse durante todo el ciclo de vida de los activos. Para el éxito de estas acciones se requiere el total apoyo y dirigencia de los dirigentes empresariales aplicando principios de ingeniería concurrente y garantizando la capacitación y estimulación de los que trabajan el mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Díaz Caravantes, G., Hernández López J. y Velázquez, Armando R. (2005). “Desarrollo e implementación de estrategias enfocadas a la disminución del consumo de energía eléctrica en una empresa cervecera”, *Impulso, Revistas de Electrónica, Eléctrica y Sistemas Computacionales*, 1(1), pp. 60-67.
- Fraguela J. A.(2011). La integración de los sistemas de gestión. Necesidad de una nueva cultura empresarial, *Dyna*, 78(167).  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25761>
- Restrepo V., A. H. (2003). Gestión total eficiente de la energía: herramienta fundamental en el mejoramiento de la productividad de las empresas. *Scientia Et Technica*, 1(21), 109-114  
<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7515>
- Urteaga, J., (2005), Energía racional, FIDE, No. 55 abril-junio, p. 48.

### Conflicto de interés

El autor declara no presentar ningún conflicto de interés.