



Libertad y Orden

Ministerio del Medio Ambiente  
República de Colombia

Guía de Buenas Prácticas en uso Racional de  
**LA ENERGÍA**  
en el Sector de las Pequeñas y Medianas Empresas

2002

DIRECCIÓN GENERAL AMBIENTAL SECTORIAL



Centro Nacional de  
Producción Más Limpia



Libertad y Orden

**REPÚBLICA DE COLOMBIA**

Álvaro Uribe Vélez  
Presidente de la República

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE**

Cecilia Rodríguez González- Rubio  
Ministra del Medio Ambiente

Juan Pablo Bonilla Arboleda  
Viceministro de Medio Ambiente

Gerardo Viña Vizcaíno  
Director Ambiental Sectorial

Hugo Muñoz Berrío  
Asesor  
Unidad Coordinadora

José F. Montoya Páez  
Coordinador  
Programa de Producción Más Limpia



**Centro Nacional de  
Producción Más Limpia**

GUÍA DE BUENAS PRACTICAS EN USO  
RACIONAL DE LA ENERGÍA PARA EL  
SECTOR DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS  
EMPRESAS

PUBLICADO POR:

**Centro Nacional de Producción Más Limpia  
y Tecnologías Ambientales  
Ministerio del Medio Ambiente**

AUTOR:

**Enrique Posada  
Indisa S.A.**

EDICIÓN GENERAL:

**Mónica Flórez**

APOYO:

**Carolina Oquendo y Adriana Alzate  
Centro Nacional de Producción Más Limpia  
y Tecnologías Ambientales**

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

**M.V.**

IMPRESIÓN:

**EDITORIAL CLAVE**

**Edición N° 1.**

**Diciembre 2002**

**1000 Ejemplares**

**Medellín – Colombia**

ISBN 97200-6-3

## TABLA DE CONTENIDO

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | INTRODUCCIÓN.....  | 1  |
| 2    | ESTA GUÍA Y LA CONCIENCIA DE LAS PYMES.....  | 2  |
| 2.1  | INFLUENCIA DE LAS IDEAS EXISTENTES EN LA ORGANIZACIÓN.....   | 3  |
| 3    | DIEZ PRINCIPIOS GENERALES DE BUENAS PRÁCTICAS.....   | 10 |
| 4    | EL COMPROMISO EMPRESARIAL CON LAS BUENAS PRÁCTICAS DE<br>MANEJO ENERGÉTICO.....                      | 13 |
| 5    | CONCEPTOS GENERALES SOBRE ENERGÍA.....   | 15 |
| 5.1  | TIPOS DE ENERGÍA.....  | 15 |
| 5.2  | TRANSFORMACIONES DE LA ENERGÍA Y EXPRESIONES PRÁCTICAS<br>DE LA ENERGÍA.....                         | 16 |
| 5.3  | PRODUCCIÓN MAS LIMPIA Y ENERGÍA.....   | 21 |
| 5.4  | RACIONALIZACIÓN DE LOS CONSUMOS.....   | 23 |
| 6    | METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS ENERGÉTICO.....   | 23 |
| 6.1  | BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.....  | 23 |
| 7    | ASPECTOS AMBIENTALES GENERALES DEL USO DE LA ENERGÍA.....  | 29 |
| 8    | BUENAS PRÁCTICAS DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO. DISCUSIÓN DE<br>LAS ACCIONES TÍPICAS QUE SE REALIZAN..... | 30 |
| 8.1  | CONOCER EL EQUIPO Y SENTIRLO: BASE PARA LAS BUENAS<br>PRÁCTICAS.....                                 | 30 |
| 8.2  | HORNOS.....  | 31 |
| 8.3  | GENERADORES DE VAPOR. (CALDERAS).....  | 35 |
| 8.4  | ILUMINACIÓN.....   | 37 |
| 8.5  | REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO.....  | 39 |
| 8.6  | MEJORAS EN LA OPERACIÓN DE LOS CUARTOS FRÍOS.....  | 41 |
| 8.7  | AIRE COMPRIMIDO.....   | 42 |
| 8.8  | CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA.....   | 42 |
| 8.9  | MOTORES ELÉCTRICOS.....  | 43 |
| 8.10 | SECADORES.....   | 46 |
| 8.11 | INTERCAMBIADORES DE CALOR.....   | 47 |
| 8.12 | REACTORES.....   | 48 |
| 8.13 | SISTEMAS DE TRASIEGO . BOMBAS.....   | 49 |
| 8.14 | CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....  | 51 |
| 8.15 | TRANSFORMADORES.....   | 52 |
| 9    | GESTIÓN DE ENERGÍA INDUSTRIAL.....   | 53 |
| 9.1  | ELEMENTOS DE LA GESTIÓN.....   | 53 |
| 9.2  | HACIA LA PUESTA EN MARCHA DE UN PROGRAMA PARA EL USO<br>EFICIENTE DE LA ENERGÍA.....                 | 55 |
| 9.3  | BASES PARA ESTABLECER UN PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS<br>DE MANEJO DE LA ENERGÍA.....                | 60 |
| 10   | ALGUNAS CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PROPUESTAS POR EL<br>CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA..... | 65 |
| 11   | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 82 |

## GUÍA DE BUENAS PRACTICAS EN USO RACIONAL DE LA ENERGÍA PARA EL SECTOR DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

### 1 INTRODUCCIÓN

La explotación y el uso de la energía se han convertido en los últimos años en un tema prioritario en el mundo, debido al agotamiento de los recursos naturales no renovables, los impactos ambientales y los altos costos generados por su consumo. Por tal motivo, el CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES DE COLOMBIA, con el apoyo DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE COLOMBIA ha desarrollado un proyecto de capacitación y asistencia técnica en pequeñas y medianas empresas (**PyMES**) de la zonas de Bogotá y Barranquilla, orientado al uso racional de energía.

Esta guía se ha elaborado como parte final de dicho programa. Tanto la guía como el programa fueron desarrollados por la empresa INDISA S.A., de Medellín, Colombia, bajo la responsabilidad del ingeniero Enrique Posada Restrepo.

El programa desarrollado tuvo como aspecto central la realización de actividades de asistencia técnica, basadas en la realización de una evaluación energética enfocada en el uso racional de la energía en la empresa, cuyo objetivo era identificar de manera general los potenciales de mejoramiento desde el punto de vista técnico, ambiental y económico, orientados hacia el incremento de la eficiencia en los procesos que consumen energía.

La evaluación tuvo como base una visita realizada por el ingeniero Enrique Posada a las instalaciones de 6 pequeñas y medianas empresas situadas en dichas ciudades de Barranquilla.

Previamente a la visita, se entregó a las empresas, por parte del CNPML-TA, un documento base preparado por el experto, en el cual se explicaba el programa y se pedían diversos datos básicos sobre la empresa y sobre sus consumos de energía. Igualmente se había invitado a las empresas a participar en un seminario de capacitación de 16 horas, dictado por el experto y organizado por el CNPMLTA en las Universidades de la Sabana en Bogotá y del Norte en Barranquilla.

En los programas participaron los responsables de los nodos regionales de Bogotá y caribe CNPMLTA, los ingenieros Carlos Pinto y Ventura Muñoz, junto con algunos de los ingenieros asistentes de los nodos y algunos estudiantes de las universidades del Norte y de América. Participaron también algunos consultores del programa GA+P, GESTIÓN AMBIENTAL + PRODUCTIVIDAD.

Con base en la información recogida en la visita, en la información entregada por la empresa en cada visita, en las observaciones del experto, en las anotaciones y observaciones de las personas participantes por parte de la empresa y en la experiencia que INDISA S.A. tiene, se prepararon informes para cada visita, cuyos objetivos fueron los siguientes.

- Reportar la situación energética de la empresa, según lo que se pudo determinar en la visita.
- Reportar las actividades realizadas en la visita y los aspectos aplicables a la racionalización de los consumos de energía y la puesta en marcha de buenas prácticas de manejo de la energía.
- Reportar las alternativas de uso racional de la energía determinadas en el análisis y demás recomendaciones pertinentes.
- Motivar y orientar a la empresa para que establezca un programa de manejo energético que conduzca a racionalización de consumos, a ahorros y a buenas prácticas.

Como complemento final a este programa se ha preparado la presente guía de buenas prácticas en uso racional de la energía para Pymes. En ella se refleja la rica experiencia recogida a través de los seminarios, las seis visitas y el análisis de la información recogida. En este sentido se trata de una guía muy práctica.

## **2 ESTA GUÍA Y LA CONCIENCIA DE LAS PYMES**

Existen en el medio diversas guías. Muchas de ellas se pueden obtener en el Internet, ya que los distintos gobiernos y muchas entidades de apoyo han venido trabajando el tema y han puesto a disposición del público la experiencia recogida. Por ello se corre el riesgo de que sea una guía más, Para evitar esto, debe tener alguna novedad, algún atractivo especial. El autor, basado en su experiencia de muchos años como asesor, como investigador y como docente, una vez más confirmada por las visitas realizadas, considera que esta guía está muy dirigida a los temas de la conciencia y de la estrategia y no pretende adentrarse profundamente en la tecnología. Se parte de los siguientes supuestos sobre las PYMES

- Las PYMES son creativas y quieren mejorar.
- Las PYMES tienen en general limitaciones de capital y de recursos.
- Son conscientes de que deben manejar con cuidado el dinero y tratan de obrar cuidando los costos.
- Son temerosas del endeudamiento tradicional.
- Son conscientes de que las utilidades las deben reinvertir en lo posible en la empresa misma. Sin embargo pertenecen en general a sociedades limitadas, a grupos familiares o a personas individuales. Por ello deben a la vez resolver el hecho de que sus empresas son a la vez generadoras de buena parte de los ingresos personales de los socios y esto pone límites a la reinversión de capital.
- Tienden a considerar los estudios como un sobre costo que no están en capacidad de pagar
- Tienden a aprovechar los diversos programas de apoyo que existen en el medio, pero lo hacen de una manera tímida. Esperan que sean programas muy subsidiados, que muestren beneficios rápidos a bajo costo, pero no tiene plena conciencia de que los consultores externos deben ser apoyados por programas internos reales para que haya éxito.
- Las PYMES tienden a carecer de procedimientos escritos en muchas de sus operaciones críticas.

- Las PYMES tienden a carecer de instrumentación en sus procesos, de falta de registros, de falta de indicadores y de carencia de información de respaldo sobre sus procesos en lo relacionado con los consumos de energía óptimos que se pueden alcanzar. Ello hace que no se cuente con metas.
- Las PYMES carecen en general de programas de entrenamiento del personal en muchas áreas (excepto las de producción) y casi nunca tienen programas de capacitación y entrenamiento en medio ambiente y energía.
- Las PYMES tienden a estar cortas en recursos humanos técnicos. Cuentan con pocos ingenieros y carecen de estructuras para llevar a cabo proyectos e innovaciones. Por ello dependen en alto grado de los proveedores en sus desarrollos.
- Por otra parte, existe un alto grado de compromiso con el futuro de la organización y se está abierto a las mejoras.
- Las PYMES tienden a tener problemas de disposición de planta, En ocasiones los locales son estrechos, el proceso carece de flujos racionales y no se cuenta con buenas prácticas. Con frecuencia están situadas en zonas donde no se pueden expandir o donde puede haber conflictos de crecimiento o con vecinos.
- En general se trabaja bajo tensiones variadas: mercado, competencia, liquidez, manejo laboral, problemas de calidad y de tecnología. Esto es normal en toda empresa. Pero en las PYMES todo confluye en unas cuantas personas y eso hace que la atención esté copada y no sobren muchos espacios para la mejora y la puesta en marcha de programas de racionalización energética.
- No obstante lo anterior, existe conciencia de que son muchos los campos de trabajo, muchas las oportunidades de ahorro y que la empresa las puede lograr con programas sencillos, con programas de mejora, con programas de innovación, con programas de cambio. Se es consciente de que se puede mejorar y que ello puede ser muy rentable.

Dado el anterior panorama, lleno de desafíos y de oportunidades, se propone un esquema de manejo de creencias como base de esta guía. Se propone a las PYMES trabajar bajo el siguiente esquema de creencias y principios.

## **2.1 INFLUENCIA DE LAS IDEAS EXISTENTES EN LA ORGANIZACIÓN.**

Para lograr objetivos, las organizaciones deben ser coherentes entre lo que se expresa en sus declaraciones y principios y lo que hacen. Igualmente deben trabajar de forma evolutiva. Esta es la base de las buenas prácticas y del mejoramiento continuo.

Las empresas deben tener principios ideológicos y creencias, las cuales van formando su sentir del compromiso social y medio ambiental, con lo cual de alguna forma se pueden enfrentar responsablemente a la realidad en que se mueven y se aproximan a las diversas preguntas importantes:

¿Cuál es la naturaleza de la organización, cuáles son los objetivos, para dónde vamos, qué papel juega la empresa dentro del entorno?

Estas ideas, creencias y pensamientos, son instrumentos que sirven para crear e interpretar la realidad. Modifican y gobiernan la forma en que la empresa se relaciona con ella. Tales ideas tienen mucho que ver con las experiencias que la empresa va a tener y con la posibilidad de crear nuevas realidades.

**A. CÓMO APROVECHAR EL POTENCIAL DE LAS PERSONAS EN LA ORGANIZACIÓN.**

Este es el tema clave de la gerencia. Para desarrollar programas de energía en una pequeña y mediana empresa es importante comprometer a toda la organización. Esto parte de reconocer el potencial humano de darse cuenta que todas las personas son el producto de muchos miles de años de evolución y que todas están dotadas de una poderosa herramienta, que es el sistema nervioso. El sistema nervioso de las personas está íntimamente relacionado con sus ideas.

Las empresas deben estar conscientes de que el trabajo con las personas es esencial y que debe estar orientado a reconocer las formas complejas y complementarias en que funcionan las mentes de las personas. En este camino lo esencial es prestar atención a la gente, crear espacios para el diálogo, dar participación, apoyar las ideas, establecer principios y valores. La tabla siguiente muestra algunos principios de trabajo humano recomendados para equilibrar las tendencias de las personas y aprovechar su potencial al máximo.

| Aspecto                    | Tendencia complementaria 1  | Tendencia complementaria 2   |
|----------------------------|---|--|
| Mente y cuerpo             | Capacitar<br>Crear conciencia   | Proporcionar ambiente seguro de trabajo.<br>Prestar atención a las personas y a sus familias.  |
| Percepción                 | Estimular las ideas<br>Señalar bien la empresa.   | Crear ambiente libre de chismes y peleas<br>Estimular la el sentir y la intuición del personal   |
| Registros y comunicaciones | Educar a las personas para que manejen bien sus palabras y sean objetivas, para que lleven registros y cuentas ordenadamente.<br>Crear cultura del registro y del procedimiento | Crear símbolos e imágenes.<br>Hacer énfasis en programas globales y en patrones de comportamiento<br>Establecer comités de trabajo y grupos primarios.<br>Escuchar a la gente. |
| Pensamiento                | Estimular el análisis de situaciones y la visión lógica y racional de los problemas.<br>Averiguar la causa profunda.  | Establecer la visión y la misión de la empresa.<br>Premiar y estimular la creatividad.<br>Dar ejemplos.  |
| formas de acción           | Ejecutar acciones.  | Hacer proyectos.   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <p>Cumplir los planes.<br/>                 Controlar el avance<br/>                 Cambiar cuando sea necesario<br/>                 Mejorar cada vez más</p>   | <p>Establecer metas y objetivos<br/>                 Planear.<br/>                 Dar participación y comprometer a la gente</p>   |
| <p>Énfasis organizativo y empresarial</p>     | <p>Establecer Normas y procedimientos.<br/>                 Manejar el capital pensando en la empresa y en su futuro.<br/>                 Vigilar la rentabilidad, pero más que todo el flujo de la cosas.<br/>                 Entrenar la gente y manejarla con atención.<br/>                 Vigilar que se cuente con recursos y con tecnología</p> | <p>Establecer la Visión y los Valores de la organización<br/>                 Motivar a la gente y comprometerla.<br/>                 Permitir el flujo de las ideas y de la creatividad<br/>                 Creer en la innovación y en el cambio<br/>                 Eliminar los miedos<br/>                 Fortalecer el trabajo en grupo y la amistad<br/>                 Delegar</p>   |
| <p>Forma de definir y presentar las cosas</p> | <p>Con claridad, con objetivos definidos, sin crear dudas innecesarias, creyendo en que se puede lograr.</p>  | <p>Tener en cuenta las dudas y opiniones de las personas.<br/>                 Estudiar alternativas.<br/>                 Ser sugerente e Integrador<br/>                 Explicar con gráficos y símbolos</p>   |
| <p>Enfoque de la realidad</p>                 | <p>Tener en cuenta el detalle</p>   | <p>Mirar lo global, lo integral, lo que es importante.</p>  |
| <p>Enfoque de los Valores</p>                 | <p>Buscar la expansión y el crecimiento de la empresa.<br/>                 Lograr nichos de mercado y de tecnología.<br/>                 Dominar el proceso.<br/>                 Tener en cuenta la competencia.<br/>                 Aumentar la producción y crecer en la eficiencia</p>   | <p>Conservar el entorno natural.<br/>                 Respetar el medio ambiente.<br/>                 Asociarse con otras empresas.<br/>                 Trabajar con las comunidades vecinas y con las familias de los trabajadores.<br/>                 Trabajar con calidad.<br/>                 Cooperar con el país.<br/>                 Trabajar con las universidades.<br/>                 Hacer proyectos con entidades de apoyo</p> |

En esencia, se contrastan dos formas de funcionamiento del sistema nervioso de manera que la empresa busque que las personas funcionen de modo integrado, capaces de disfrutar en la empresa de un ambiente digno que les permita comprometerse.

La ética de las personas y de las organizaciones está fundamentalmente asociada



con la conciencia. En este sentido es bueno reflexionar en que existe un rango amplio de estados de conciencia. Una lista representativa es la siguiente:

### **Estados Reactivos**

Pesadillas y visiones enfermizas, Incomodidades, sensaciones, fastidios, dolencias, Reactividad, agresividad.

### **Estados Mentales**

Recuerdos, Pensamientos y trabajo mental

### **Estados creativos**

Imaginación, Creación, Intuición, Observación

El estado reactivo corresponde a vivencias que están, en cierta forma, alejadas de la responsabilidad personal y tiende a conducir a comportamientos asociados con miedo, defensa y ataque, apropiados para el manejo de situaciones reales de peligro. En general no son estados que contribuyan a un buen programa de prácticas de mejora empresarial.

El pensamiento, los recuerdos, el trabajo mental y la imaginación, son la base principal del modo racional de hacer las cosas y funcionando desde estos modos se ha construido en buena parte la actual estructura social y económica. Hemos superado los modos reactivos y agresivos, pero a la vez hemos creado nuevos peligros y riesgos insospechados, por abusar de nuestra inteligencia y capacidad intelectual. La guerra moderna, la fabricación de armas, la contaminación, el exceso de lo desechable y del consumismo, el desempleo, la inseguridad ocupacional, son el lado oscuro del uso de la inteligencia, que a su vez nos ha traído la tecnología, la ciencia, el ocio, los viajes fáciles, la recreación de masas y los medios de comunicación globales.

Los últimos cuatro modos de conciencia de la lista, dejan brillar nuestra naturaleza superior y son el reino de nuestra responsabilidad personal. Son comportamientos que atraen estados más celestiales y cósmicos a nuestras vidas y nos ponen en contacto con el nivel máximo de nuestra conciencia. Cuando soñamos con un ambiente sostenible y equilibrado, nuestra conciencia se llena de imágenes auspiciosas y de optimismo, nos invade la confianza y se despierta nuestra racionalidad superior y creativa.

En los modos de funcionamiento superiores aparece la **creatividad** como elemento visible y dominante. La **imaginación** no tiene límites, podemos imaginar cualquier cosa. El poder de hacer **declaraciones** es inmenso. Podemos dar origen a cualquier idea. En el principio de toda creación está el verbo, la palabra. La **intuición** nos susurra continuamente, nos provoca a cambiar, a examinar, a buscar alternativas. La **observación** es la clave de los descubrimientos, del conocimiento científico, de la experimentación creativa y respetuosa. El respeto tiene también sus bases en nuestra capacidad de enamorarnos de los objetos, impulsados por su belleza, que se manifiesta cuando los observamos en silencio o cuando nos dejamos inundar por su presencia.

Como resultado de la acción de los modos creativos, se establecen las visiones. El poder de una visión consiste en que se convocan las energías superiores pues en las visiones entran a funcionar la imaginación, la creatividad, la intuición y la observación, que son los modos de conciencia más evolucionados.

La racionalidad y el pensamiento están en toda la mitad de la escala de modos de conciencia, pudiendo la mente escoger caminos de evolución o de retroceso. Por ello la mente y la lógica no son suficientes para la construcción de un ambiente mejor, siendo necesario orientarlos de modo creativo para que no se queden atrapados por los miedos lógicos del pasado.

Cuando las empresas se atreven a plantear visiones como guías de sus actuaciones, surge el pensamiento creativo y la evolución.

## **B. TRABAJO EN GRUPO EFECTIVO**

El logro de la eficiencia energética en las PYMES es tarea de grupo y un buen trabajo en grupo es absolutamente indispensable para la marcha eficaz de los programas. Por ello es bueno hacer que el grupo de empleados crezca y sea coherente. En este sentido conviene estimular un buen trabajo en grupo. Un buen trabajo de grupo sería aquel en el cual todos aporten con cariño y con generosidad, en un ambiente de confianza, de tolerancia, de participación, en busca de lograr objetivos que se puedan llevar a cabo y que den la sensación de ser alcanzados por el grupo.

Las reuniones son fundamentales para un buen trabajo de grupo. Con frecuencia muchas de las personas se quedan calladas en las reuniones, dejando que unos pocos asuman el liderazgo y la carga de las decisiones que se toman. Muchas veces queda el sabor de la no participación, del no compromiso, y de la apatía por el resultado. Se pierden así opciones de crecimiento al no participar activamente.

Unos sencillos principios, que a continuación se enumeran, pueden ayudar a mejorar la participación en grupo.

El primer principio es el de la **Alineación**. Mediante el trabajo en grupo se debería buscar la alineación, es decir, que se unan en una misma dirección los poderes y las capacidades individuales de las personas, buscando mayor capacidad y mayor poder colectivo. Es mayor la potencia de un grupo alineado que la de las personas individuales.

Es muy conveniente que alguien controlando el desarrollo de la reunión y llevando anotaciones sobre las ideas que vayan resultando y los acuerdos a que se llegue. Para lograr la alineación es muy bueno que los miembros del grupo deseen de antemano buscarla. Esto se facilita mediante la presentación de los temas de forma motivadora, señalando lo que se desea lograr con el trabajo de grupo, como elemento de alineación.

Las personas deben tener la posibilidad de poner su atención y su imaginación sobre los objetivos que se están planteando para que puedan aportar. Ello exige espacios de anotación, de reflexión y de aportación durante la reunión.

Todos deberían aportar. Es excelente usar un tablero que todos puedan ver, donde se anota como tema principal y el objetivo que alinea y los distintos aportes de los participantes. Debe tenerse respeto y aprecio por todos los aportes, de forma que cada cual diga su aporte sin que se lo discutan o refuten los demás. Todos tienen derecho a que se anote su aporte sin menoscabo ninguno. Este es uno de los aspectos más éticos del trabajo en grupo.

El grupo debe contemplar en silencio todas las respuestas y aportes anotados con sentimiento de aprecio por todas ellas. Esta actitud de contemplación y aprecio continúa hasta el final.

Como la reunión debe llegar a conclusiones se requiere que los aportes se compartan y se amplifiquen, buscando patrones comunes, verdades más amplias y conceptos útiles para resolver y centrar el tema. Los participantes se asocian, se toleran en sus especulaciones y cambian sus puntos de vista en busca de conceptos comunes. Esto debe llegar a que el grupo establezca declaraciones finales que resuman de modo evidente para el grupo los conceptos comunes finales desarrollados y se constituyen en el resultado práctico de la reunión.

La idea es que todos sientan que las declaraciones tienen en cuenta sus aportes y pueden comprometerse con ellas si se van a llevar a la práctica.

### **C. BUENAS PRÁCTICAS Y CREENCIAS**

Para lograr el establecimiento de buenas prácticas, puede ser muy importante atreverse a pensar que en realidad la empresa va a experimentar este estado de desarrollo adicional, efectivo y rentable. Una forma de hacer esto es declarar que se cree en esta posibilidad. Por ello deben fijarse los objetivos de ahorro y las metas de forma clara y desafiante,

La idea es que la empresa adopte una posición creativa, de forma que se empiecen a ejecutar trabajos concretos.

Se trabaja en tres niveles. El de la acción sencilla del día de hoy, que tiene bajos costos y en la cual todos pueden participar. Este es un nivel efectivo y motivador que exige continuidad y trabajo con la gente. El segundo nivel es un más técnico en sus ejecuciones, involucra presupuestos, inversiones y gastos. Puede basarse en ideas de la gente, pero requiere tecnología para que quede bien ejecutado. El tercer nivel es del cambio más sustancial hacia nuevas tecnologías, nuevos procesos. Requiere claro liderazgo gerencial, proyectos y planeación. Es para el futuro. Es más estratégico.

Las organizaciones deben trabajar en los tres niveles, sean pequeñas, medianas o grandes. Ello implica siempre actitud creativa y flexible. Implica creencias correctas.

## D. HACIA ESTABLECER METAS DEL RACIONALIZACIÓN Y AHORRO.

El alineamiento empresarial significa estar de acuerdo con una cierta meta y trabajar para alcanzarla. En el camino hacia el logro de menores costos de energía, ahorros y un desarrollo sostenible es importante contar con metas.

La selección de metas correctas se hace utilizando el mejor razonamiento de las personas y de los grupos humanos, condimentado con la creatividad, la imaginación, la intuición y las capacidades del grupo y de las personas para apreciar lo que hacen y los que les espera. Estas metas tienden a verse como posibles. Son intuitivas porque se sienten bien. Son imaginativas porque se sienten posibles y se ven estéticas y bien planteadas. Son creativas porque crean realidades.

Se plantea entonces el DESARROLLO SOSTENIBLE como la posibilidad de que el mundo como totalidad logre el crecimiento económico, logrando al mismo tiempo las siguientes metas:

- Utilización de tecnologías limpias
- Conservación de los recursos para el futuro
- Condiciones adecuadas de justicia social y económica.
- Respeto por la cultura y la diversidad
- Descontaminación y reciclaje.

La idea central del nuevo modo de enfrentar los nuevos ciclos de producción y de comercio es que sean sostenibles. Para ello, deberían:

- Mejorar el medio
- Fomentar el desarrollo y la recuperación de los recursos
- Mejorar la calidad de vida
- No causar daños ni problemas de salud ni deterioro económico.
- Causar angustia social ni desempleo.

En principio, se piensa que este tipo de desarrollo no se frena a sí mismo, ni contiene las semillas de su propia destrucción. Como contribución a difundir estos ideales, es interesante presentar a continuación los que se podrían denominar como *LOS SIETE PROGRAMAS BASICOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COLOMBIA*

- \* *Protección de ecosistemas estratégicos*
- \* *Mejor agua*
- \* *Mares limpios y costas limpias*
- \* *Más bosques*
- \* *Mejores ciudades y poblaciones*
- \* *Política poblacional*
- \* *Producción limpia*

Es este un verdadero reto de la sociedad que debe ser enfrentado con las mejores herramientas posibles. Este programa de racionalización del consumo de energía en las PYMES hace parte del logro nacional de las metas del desarrollo sostenible.

Para ello se propone en esta guía que las empresas se comprometan con creencias creativas y con metas, del orden de las que se listan a continuación.

**La empresa y sus acciones mejoran el medio. La empresa está comprometida con la idea de mejorar el medio y cree poder desarrollar la dicha capacidad. Las acciones empresariales fomentan el desarrollo sostenible y equilibrado y la recuperación de los recursos energéticos y de todo tipo**

**La empresa contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas con las buenas prácticas, que se van a difundir a sus vidas personales, familiares y comunitarias.**

**La empresa maneja la energía de forma que no se causen daños ni riesgos excesivos para las personas ni para el medio.**

**La empresa conoce la situación energética del país y se compromete a programas de ahorro para facilitar la sostenibilidad y la economía nacional.**

**La empresa evalúa sus costos de energía y busca que sean los mínimos posibles por respeto a la economía, al consumidor y para lograr mayores utilidades y disponibilidades de capital para crecer e invertir.**

**La empresa práctica en sus acciones productivas los principios de la Producción limpia.**

### **3 DIEZ PRINCIPIOS GENERALES DE BUENAS PRÁCTICAS**

El mundo está sintiendo un cambio de paradigma. Las empresas hacen parte de este sentir y por ello se desean buenas prácticas para cambiar y para evolucionar.

- **Principio de la creatividad responsable**

Las empresas son creadoras de su futuro. La energía es lo que mueve al mundo y a las empresas. Crear formas correctas de trabajar la energía es una de las responsabilidades empresariales y además es rentable, competitivo y sano.

La empresa entiende que las futuras generaciones tienen derecho a encontrar recursos energéticos para que su vida sea feliz.

- **Principio de la observación participativa**

Los eventos están muy influidos por el motivo. El observador crea la realidad. Las empresas construyen el desarrollo sostenible energético al decidirse por una visión creativa y renovadora que cambie los hábitos descuidados y desordenados del pasado.

En la construcción del desarrollo sostenible, todos participan.

- **Principio del manejo de la incertidumbre**

No son posibles hechos o aspectos que sean totalmente ciertos. Toda la vida es un trabajo indeterminado en progreso. Pero en la ausencia de certidumbre siempre es posible un cambio favorable. Las empresas pueden ser estratégicas y plantear un manejo de las amenazas tal que las convierta en oportunidades, de debilidades tal que las convierta en fortalezas. La empresa puede aprovechar las oportunidades para ahorrar y sus fortalezas para el logro del cambio hacia las buenas prácticas.

La empresa aprovecha el análisis de las amenazas y de las debilidades para impulsar el mejoramiento continuo que nunca termina.

- **Principio de la asociación**

La comprensión de la existencia de lados opuestos en todas las cosas nos libera de la creación de limitaciones artificiales. Esta libertad hace que la responsabilidad sea posible. Cuando la empresa descubre estas posibilidades descubre los beneficios de hacer parte de grupos de trabajo, de unirse a otras empresas, de trabajar con las universidades, de aprovechar los programas estatales, de estimular el trabajo en grupo.

La solución y el problema se combinan para el logro de la mejora continua.

- **Principio de la unidad**

Todo lo que existe en el cosmos es inseparable. Desde la unión de conceptos, de cuerpos, de mentes, de ideales, de esfuerzos, de información; desde todas las uniones, surgen los programas que valen la pena y que armonizan a la sociedad. Por eso la empresa se une con los proveedores, con los asesores, con los clientes, con los trabajadores, con las universidades, con el estado, para lograr las buenas prácticas energéticas, ya que todos tienen parte de la clave.

Asociarse optimiza el trabajo empresarial. Ello da fuerza y conocimiento compartido.

- **Principio de las alternativas variadas.**

Hay varios niveles de realidad. Hay varios niveles de conciencia. El sentido de la vida es tan amplio y rico como nuestras conciencias y nuestras creaciones lo permitan. El estar limitado por creencias pequeñas y limitantes crea rigidez mental y no permite el cambio. Es importante compararse con los demás y tener modelos de mejora para los distintos procesos, establecer estándares, plantear metas, exponerse a visitas de asesores, ir a cursos, capacitarse, escuchar a la gente, conversar con clientes, proveedores, asistir a ferias.

Sentir la realidad de los demás y de todo lo que nos rodea como propia es ampliar nuestro horizonte y disfrutar de nuevos puntos de vista mejores.

- **Principio del manejo del tiempo**

El concepto limitado y lineal que hemos asignado al tiempo, evita que observemos el universo de una ojeada. Por ello tenemos que aprender poco a poco, con frecuencia a punta de muchos errores, a punta de amenazas para la vida. La vida se ve mejor desde una perspectiva más amplia. En esencia es importante entender el eterno presente.

Las empresas deben establecer procedimientos y ser organizadas. Así se van a evitar repeticiones de errores, sobre costos, ineficiencias. El manejo correcto de la energía va a estar relacionado con la optimización de los procesos. En el fondo esto consiste en hacerlos más fluidos, en evitar acumulaciones, cosas por hacer, en cumplir lo que se promete, en trabajar con calidad.

La gerencia y los directivos deben tener tiempo para escuchar las señales que salen de todas partes y para plantear una visión participativa en cuyos logros todos se conviertan en gerentes. Eso creará tiempo.

- **Principio de la energía**

La vida, la naturaleza y todos nosotros somos una manifestación de un potencial infinito que se manifiesta energéticamente. Las empresas hacen parte de este movimiento energético. Las personas son también parte de este flujo. En la conciencia del potencial infinito está la fuente de los comportamientos responsables. Las empresas deben estar dispuestas y atentas a crecer, a dominar sus nichos, con energía inagotable, que sale del amor por lo que se hace.

- **Principio del mantenimiento y del manejo del deterioro de las cosas,**

Existen leyes del cambio que llevan a que las cosas se desordenen y se dañen, si se las deja sueltas y abandonadas. Por esta razón se da lugar a pérdidas y a crisis. Todo elemento natural está en procesos de desintegración y de integración. Las crisis contienen la clave del desarrollo. Las cosas se agitan para cambiar de nivel.

Es importante contar con mantenimiento preventivo y predictivo para que los equipos no se deterioren. Es importante prestar atención a los equipos e

instrumentos, pues se descalibran y se salen de sus puntos de trabajo deseables. Esta es una tarea continua que no termina. Si se desea aumentar el nivel de confiabilidad, es necesario aumentar el nivel de conocimientos y de tecnologías. Ello implica invertir, pero puede ser más rentable el resultado final. No se debe temer al cambio, pero se requiere manejo responsable de los recursos.

Es importante crear limpieza y orden en los equipos para llegar a sus puntos de trabajo eficiente. .

- **Principio de la catálisis.**

Hay poderosos efectos escondidos en las pequeñas variaciones de los parámetros que influyen sobre la realidad. El orden caótico es parte natural de la existencia. La realidad es mucho más compleja, y, paradójicamente, más simple de lo que se cree. La celebración de la complejidad es la ceremonia que da origen a saber trabajar en equipo y con el otro.

Existen los catalizadores, que son elementos que facilitan el cambio. Un asesor, un curso, la idea de una persona, un intercambio con un cliente, asistir a una feria. Son pequeños eventos de alcance insospechado. La empresa se debe catalizar con frecuencia.

Es bueno prestar atención a los pequeños detalles, pues pueden catalizar los grandes problemas y las grandes soluciones.

#### **4 EL COMPROMISO EMPRESARIAL CON LAS BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO ENERGÉTICO**

Como una aplicación práctica de estos principios, las PYMES podrían adoptar una declaración de manejo responsable energético para hacer explícito este compromiso empresarial. Se presenta a continuación un modelo propuesto para ello.

##### **Políticas energéticas de la empresa XXX**

La Junta Directiva de XXX aprobó estas políticas en su reunión del día ..... del mes de .... de 200..

La junta directiva estableció que todos los departamentos de la empresa cumplan estos principios en sus operaciones.

Se estableció que estas políticas se revisarán y se mantendrán actualizadas siempre que se considera necesario.

**a- Estas políticas son parte integral de todas las operaciones de la empresa.**



XXX considera que los temas energéticos son componentes integrales de sus operaciones. El manejo responsable de estos asuntos es esencial para lograr el éxito en sus negocios y para disfrutar de la aceptación de la sociedad y de las comunidades vinculadas al desarrollo de la empresa.

XXX reconoce y acepta los principios del desarrollo sostenible como marco general de sus actividades.

Lo anterior se aplica a la totalidad de las operaciones de XXX. Nuestras metas son:

- Operar sin causar daños o impactos negativos a la gente o al ambiente en el manejo de los energéticos.
- Manejar la energía como un bien costoso que debe conservarse y ahorrarse
- Impulsar el logro de adecuadas condiciones de salud ocupacional y seguridad en los sistemas que consuman energía.
- Adelantarse a las exigencias ambientales de las autoridades.

Para alcanzar estas metas, hemos decidido adoptar los principios del mejoramiento continuo y destinar recursos a programas de buenas prácticas y racionalización de consumos de energía.

#### **b- Nuestras formas internas de trabajo**

Para lograr el éxito hemos decidido impulsar las siguientes ideas formas de trabajo en la organización:

- Todos los empleados participan y colaboran en estos asuntos.
- Se tiene un sentido de responsabilidad personal en todos los niveles de la organización.
- Los temas energéticos son parte de todo proceso de toma de decisiones.
- Se trabaja de forma pro activa y consistente.
- Se está pendiente de los desarrollos técnicos apropiados a la empresa, para aplicarlos
- Se hace énfasis en lo preventivo
- Se estimula la participación de los empleados y su creatividad.
- Se estimula el trabajo en grupo y se coordinan las actividades energéticas mediante el soporte de un Comité de Energía de carácter participativo.

#### **c. Acciones a realizar y estrategia**

Para lograr establecer efectivamente estas políticas, XXX:

- Cumplirá con las normas y regulaciones aplicables a los sistemas de energía, tanto en lo técnico como en lo funcional
- Entrenará a su personal y lo estimulará para trabajar de forma responsable en lo relacionado con los asuntos energéticos y su influencia con respecto a los demás asuntos de su trabajo

- Evaluará regularmente las condiciones y los ambientes de trabajo y las mejorará de forma gradual y continua y patrocinará programas de crecimiento personal.
- Usará los recursos energéticos de forma responsable, minimizando los gastos y mejorando las eficiencias en el uso de la energía.
- Buscará en lo posible que se practique el reciclaje de la energía y el aprovechamiento o eliminación de las pérdidas.
- Buscará el control y la mejora o cambio de procesos y de operaciones para minimizar los consumos de energía y para simplificarlos y hacerlos más manejables.
- Buscará que los programas de ahorro y racionalización sea rentables.
- Mantendrá programas regulares de evaluación para identificar oportunidades de ahorro, y reducir pérdidas y riesgos. Se trabajará de forma preventiva en la concierne a incidentes y accidentes.

## 5 CONCEPTOS GENERALES SOBRE ENERGÍA.

Dentro del desarrollo de un programa de racionalización de energía es importante contar con un conocimiento mínimo sobre el tema. Se presentan a continuación algunos elementos esenciales de este extenso tema.

### 5.1 TIPOS DE ENERGÍA

La energía es la fuente de todos los movimientos del universo dando dinamismo y vida a los sistemas, sacándolos del equilibrio perpetuo por medio de fuerzas potenciales.

La energía se presenta en múltiples formas, siendo el calor la más intuitiva de todas. Esta se presenta como energía en movimiento a través de las fronteras de los sistemas, impulsado por la diferencia de temperatura entre el sistema y el ambiente que lo rodea.

Otra forma de energía fundamental es el trabajo. Esta forma de energía se presenta cuando un cuerpo es capaz de ejercer una fuerza sobre otro cuerpo, y al mismo tiempo generar el desplazamiento de este en el mismo sentido de la fuerza.

Existen otros tipos de energía que son fijadas según el estado del sistema y que además son propiedades inherentes de los cuerpos. Esto significa que para cada tipo de materia y estado en que se encuentre se obtendrán energías diferentes. Según lo anterior se han establecido cuatro tipos de energía:

**Energía interna:** Se manifiesta como energía que depende de los movimientos moleculares y de las estructuras de estas mismas moléculas. Con el aumento y disminución de la temperatura se ve afectado el movimiento molecular por lo que se afecta la energía interna de manera proporcional.

**Energía físico química.** Se relaciona directamente con la estructura elemental de los cuerpos.

**Energía potencial gravitacional.** Se refiere a la energía que posee un cuerpo debido a su posición, comparada con una posición diferente en sentido vertical.

**Energía cinética.** Es la energía que posee un cuerpo según su velocidad.

Existen otras manifestaciones de la energía que se revelan en diferentes formas, la energía solar por ejemplo se presenta en forma de vibraciones denominadas radiaciones, que poseen una longitud de onda y frecuencia determinada. Según la frecuencia y la longitud de onda se pueden hacer una caracterización de la radiación, conformándose así el espectro como una distribución de energías según el tipo de radiación.

La energía solar que llega a la tierra promueve ciclos de transformación tales como:

- Ciclo de la biomasa. La fotosíntesis como el proceso químico que permite el crecimiento de las plantas y el comienzo de la cadena alimenticia, es el primer nivel jerárquico que da origen a la biomasa existente.
- Ciclo del agua. El calentamiento de la tierra hace que las concentraciones superficiales y marítimas de agua se evaporen formando las nubes y parte del sistema climático de la tierra. Esta agua evaporada se acumula en forma de vapor hasta que es liberada y devuelta de nuevo en forma de lluvia formando ríos que descienden a los océanos liberando su energía.
- El calentamiento de la atmósfera genera diferencias de temperaturas que a su vez producen corrientes de vientos, que son utilizadas por el hombre para generar potencia eléctrica, debido a la energía cinética que poseen tales corrientes.

## 5.2 TRANSFORMACIONES DE LA ENERGÍA Y EXPRESIONES PRÁCTICAS DE LA ENERGÍA

Es conocido el hecho de que la energía no se destruye, se transforma. Esta transformación la ha utilizado la humanidad para su beneficio, creando tecnología capaz de llevar a cabo tales transformaciones, que se ven limitadas por hechos naturales. La transformación del calor y la energía eléctrica en trabajo es un ejemplo claro del provecho que se ha obtenido de la transformación de la energía. Posteriormente aparecieron dos nuevos eventos científicos y técnicos que generaron cambios todavía más radicales de la visión que el hombre tiene sobre la energía y sus transformaciones. Se trata del entendimiento sobre la energía atómica y de la comprensión de las leyes de la física cuántica.

Se presentan a continuación algunas formas prácticas en las que se maneja la energía y cómo se expresa.

- **Energía potencial**

Si un objeto de masa **m** se encuentra en reposo a una altura **z**, relativa a algún plano de referencia dentro del campo gravitacional de la Tierra, de intensidad **g** (llamada también aceleración debida a la gravedad), la **energía potencial**, de dicho objeto como resultado de su posición, está dada por:

$$EP = mgz$$

- **Energía cinética**

Es la forma de energía que un objeto o sistema posee, relativa a su estado en reposo, debido a su movimiento global a una velocidad constante **v**. Específicamente, se puede calcular mediante la conocida fórmula

$$EC = \frac{1}{2} mv^2$$

La velocidad **v** en la expresión anterior se refiere al movimiento relativo del centro de gravedad del objeto en términos macroscópicos.

- **Energía Interna.**

Se simboliza por la letra **u**, como energía interna por unidad de masa y tiene carácter intensivo. Es una de las propiedades termodinámicas y por ello se encuentra en las tablas de propiedades de las distintas sustancias, como función de la temperatura y de la presión. Al observar dichas tablas se advierte que depende casi linealmente de la temperatura y está poco influenciada por la presión.

Cuando un fluido es calentado se puede calcular el cambio de energía interna generalmente mediante la expresión

$$\text{Cambio de energía interna} = \text{Flujo de masa} \times C_v \times DT$$

Donde  $C_v$  es el calor específico medido a volumen constante. Esta es una propiedad de las sustancias que se reporta basada en mediciones experimentales.

- **Trabajo de flujo y entalpía**

En las zonas de entrada y de salida de flujo se genera un trabajo producido por las presiones que allí existen, las cuales hacen una fuerza sobre las masas que se desplazan por dichas áreas. Este trabajo, por unidad de masa, es igual al producto de la presión por el volumen específico, **pv** o **p/r**, donde **r** es la densidad. Viene a ser el trabajo que hace fluir las sustancias en las zonas por las que ellas entran o salen al sistema.

La entalpía,  $h = u + pv$ . Es la suma de la energía interna más el trabajo de flujo. Como la presión y el volumen específico son ambas propiedades de las sustancias, su producto también lo es y por ello la entalpía  $h$  es así mismo una propiedad y por ello, como sucede con la energía interna, se encuentra en las tablas de propiedades de las distintas sustancias, como función de la temperatura y de la presión. Al observar dichas tablas se advierte que depende casi linealmente de la temperatura y está menos influenciada por la presión.

Cuando un fluido es calentado se puede calcular el cambio de entalpía generalmente mediante la expresión

$$\text{Cambio de entalpía} = \text{Flujo de masa} \times C_p \times DT$$

Donde  $C_p$  es el calor específico medido a presión constante. Esta es una propiedad de las sustancias que se reporta basada en mediciones experimentales.

La tabla siguiente muestra algunos valores de  $C_p$  y  $C_v$  para diversas sustancias a 27 °C. Para los sólidos y los líquidos  $C_p$  y  $C_v$  son bastante similares y se habla del calor específico  $C$ .

| Sustancia        | $C_p$ , Kcal/Kg-°C | $C_v$ , Kcal/Kg-°C |
|------------------|--------------------|--------------------|
| Aire (gas)       | 0.24               | 0.17               |
| Nitrógeno ( gas) | 0.248              | 0.177              |
| Hidrógeno ( gas) | 3.43               | 2.44               |
| CO2 ( gas)       | 0.203              | 0.158              |
| Oxígeno ( gas)   | 0.219              | 0.157              |
| Vapor de agua    | 0.445              | 0.335              |
| Agua             | 1.0                |                    |
| Acero            | 0.11               |                    |
| Aluminio         |                    |                    |
| Cobre            | 0.092              |                    |
| Ladrillos        | Alrededor de 0.2   |                    |
| Gasolina         | 0.53               |                    |
| Concreto         | 0.156              |                    |
| Celulosa         | 0.32               |                    |

- **Flujo de energía radiante  $w$ .**

Se emite en función de la temperatura de la superficie de un cuerpo y de sus propiedades superficiales. La expresión siguiente indica que depende de la cuarta potencia de la temperatura absoluta de la superficie y de una propiedad superficial adimensional, que se denomina emisividad  $\hat{I}$  que oscila entre 0 y 1 para diferentes cuerpos.  $\hat{I}$  es esencialmente la relación entre la radiación de la superficie real a la que tendría el denominado cuerpo negro, que es una superficie radiante idealizada.

Un cuerpo negro absorbe toda la radiación incidente sobre su superficie y la calidad y la intensidad de la radiación que emite está completamente determinada por la temperatura. Para este tipo de cuerpos  $\hat{I}$  vale 1.

$s$  es la constante de Boltzman que vale  $5.68 \times 10^{-12}$  vatios/cm<sup>2</sup> -°K<sup>4</sup>.  $S$  es la superficie radiante.

$$W = \hat{I} S s T^4$$

- **Flujo de energía por conducción**

Se da en los cuerpos en virtud de los gradientes de temperatura existentes entre distintos puntos de la masa corporal. Obedece a la siguiente expresión básica:

$$Q_k = K A DT/Dx$$

$DT/Dx$  es el gradiente de temperatura entre dos puntos separados una distancia  $Dx$  y con una diferencia de temperatura  $DT$ .  $A$  es el área de la sección a través de la cual fluye el calor.

$K$  es la conductividad de la sustancia de la cual está hecha el cuerpo, que es una propiedad que se reporta en los manuales y textos de ingeniería. Para cuerpos muy conductores del calor, presenta valores muy altos. Es el caso del cobre y del aluminio. Para materiales aislantes, presenta valores muy bajos, como en el caso de la lana mineral y de los plásticos.

| Material       | Conductividad térmica, Kcal /hr -m-°C |
|----------------|---------------------------------------|
| Lana de vidrio | 0,034                                 |
| Baquelita      | 0,565                                 |
| Cobre puro     | 332                                   |
| Aluminio puro  | 176                                   |
| Hierro puro    | 62                                    |

- **Flujo de energía por convección**

Se da en las superficies de los cuerpos que están rodeadas fluidos con respecto a los cuales hay diferencia de temperatura, ya sea con paso forzado (convección forzada) o con velocidades de paso inducidas por el mismo flujo de calor (convección natural). Obedece a la siguiente expresión básica:

$$Q_c = h A (T_s - T_f)$$

$T_s$  es la temperatura de la superficie y  $T_f$  es la temperatura del fluido.  $A$  es el área de la superficie que transfiere el calor con el fluido.

$h$  es el coeficiente de transferencia de calor por convección. Es una función relativamente compleja de la geometría de la superficie, de las propiedades del fluido y de las velocidades de la corriente de fluido.

- **Potencia (trabajo mecánico por unidad de tiempo) en un motor eléctrico.**

Se puede conocer mediante las características de la placa del equipo y la medición del amperaje y del voltaje que consume.

$$\text{Potencia consumida} = \text{Potencia de placa} \times (\text{voltaje medido} / \text{voltaje de placa}) \\ \times (\text{amperaje medido} / \text{amperaje de placa})$$

Por otra parte, la potencia eléctrica activa consumida por un motor trifásico se calcula con la siguiente expresión

$$\text{Potencia eléctrica (vatios)} = \text{Voltaje} \times \text{amperaje} \times \sqrt{3} \times \cos \Phi$$

Donde  $\cos \Phi$  es el factor de potencia del motor.

La eficiencia del motor es la relación, expresada como porcentaje, entre las potencias mecánica y eléctrica.

- **Pérdidas de potencia eléctrica por el paso de la corriente**

Se calculan mediante la expresión:

$$W_p = I^2 R$$

Donde (I) es la intensidad de la corriente en amperios y R es la resistencia del conductor en Ohmios.  $W_p$  es la potencia disipada en vatios.

- **Potencia mecánica de flujo entregada a un líquido que pasa por una bomba o a un gas que pasa por un ventilador**

Se calculan mediante la expresión

$$\text{Potflujo} = \text{rg} \text{ Q H}$$

Donde  $\text{rg}$  es el peso específico del fluido, producto de su densidad por la gravedad,  $\text{Q}$  es el caudal y  $\text{H}$  la cabeza generada por la bomba, en unidades de longitud.

La cabeza  $\text{H}$  se calcula con base en las diferencias de energía entre la entrada y salida de la bomba, mediante la expresión:

$$\text{H} = (\text{Vs}^2 / 2g) - (\text{Ve}^2 / 2g) + \text{Zs} - \text{Ze} + (\text{Ps}/\text{rg} - \text{Pe}/\text{rg})$$

Es decir, H es la diferencia entre las cabezas de velocidad, de trabajo de flujo (presión sobre  $\text{pg}$ ) y de posición entre la salida y la entrada de la bomba.

La relación entre la potencia de mecánica de flujo y la potencia real entregada en el eje de la bomba, es la eficiencia del dispositivo. Estas eficiencias son función del caudal que manejan estos dispositivos y de la velocidad a la cual se mueven y son

medidas experimentalmente por los fabricantes y suministradas como curvas o tablas de funcionamiento.

### Energía de combustión y poder calorífico

Cuando se quema un combustible fósil como el carbón, los átomos de hidrógeno y carbono que lo constituyen se combinan con los átomos de oxígeno del aire, produciéndose una oxidación rápida en la que se forman agua y dióxido de carbono y se libera calor.

Durante las reacciones químicas se generan cambios de entalpía o de energía interna, los cuales se reportan como calores de reacción o entalpías de reacción y se determinan experimentalmente. Para el caso de los combustibles, se reportan los poderes de combustión o poderes caloríficos. La tabla siguiente muestra tales valores para los combustibles elementales que son el C, el H y el S.

| Combustible | Reacción                                 | Poder calorífico, Kcal/Kg |
|-------------|--|---------------------------|
| Carbono     | $C + O_2 \rightarrow CO_2$               | 7870                      |
| Hidrógeno   | $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ | 34180                     |
| Azufre      | $S + O_2 \rightarrow SO_2$               | 2245                      |

Con el poder calorífico se puede calcular la temperatura que alcanza la mezcla combustible en una cámara de combustión y el calor generado durante los procesos de combustión. Los combustibles en general son compuestos de carbono e hidrógeno y sus poderes caloríficos serán el resultado de las proporciones entre estos dos elementos. El azufre aparece con frecuencia en los combustibles, pero dado que el  $SO_2$  es un contaminante, cada vez se refinan más los combustibles para eliminar su azufre.

### 5.3 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y ENERGÍA

En el manejo de la energía y sus transformaciones hay muchas oportunidades para que haya pérdidas e ineficiencia, pues se trata de temas complejos y siempre existe la tendencia a que se disipe la energía. Esto ha llevado a que la humanidad dilapide cantidades enormes de energía. Dado lo anterior se han popularizado prácticas de producción más limpia y de racionalización de consumos.

La producción más limpia es un enfoque hacia la gestión ambiental que ofrece muchos beneficios a la industria. Se pone en práctica por medio de un enfoque sistemático del ciclo de vida aplicado a la producción, y toma en cuenta:

- El diseño del producto;
- Tecnologías que produzcan pocos desechos;
- .Uso eficiente de la energía y de la materia prima:
- optimización de las tecnologías existentes
- Alto nivel de seguridad en las operaciones.



La filosofía preventiva de la producción mas limpia es la antitesis del antiguo enfoque del “tratamiento al final del tubo”, donde se disminuía los niveles de contaminación después de que ésta ese había generado.

El enfoque de una producción más limpia reduce la generación de contaminantes en todas las etapas del proceso de producción, con el fin de minimizar o eliminar los desechos u otras formas de contaminación que necesitan ser tratados al final del mismo.

Puede lograrse una producción más limpia mediante:

- Una operación mejorada y un buen mantenimiento;
- Modificación del proceso;
- Cambio en planta y equipo;
- sustitución de materias primas o materiales tóxicos, y
- rediseño y/o reformulación de los productos.

La producción más limpia es un término general que describe un enfoque de medidas preventivas para la actividad industrial. Este se puede aplicar de igual manera al sector de servicios, a los sistemas de transporte y a la agricultura. No se trata de una definición legal ni científica que pueda ser sometida a exámenes minuciosos, análisis o disputas sin sentido.

La producción mas limpia hace referencia a una mentalidad que enfatiza la producción de nuestros bienes y servicios con el mismo impacto ambiental bajo tecnología actual y limites económicos.

La ventaja económica de la producción más limpia es que es mayor el “costo-eficiente” que el control de la contamina. La disposición sistemática de desechos y contaminantes no solo protege al medio ambiente sino que aumenta la eficiencia del proceso y mejora la calidad del producto. Mediante la prevención de la contaminación en la fuente, se minimizan los costos de tratamiento final y de disposición.

La ventaja ambiental de la producción más limpia es que soluciona el problema de los desechos en la fuente. El tratamiento convencional “al fina del tubo”, por lo general solo traslada los contaminantes de un medio ambiental a otro.

En términos energéticos, producción más limpia significa:

- Una operación mejorada y un buen mantenimiento de los sistemas energéticos de los equipos.
- Modificaciones de los sistemas de suministro de energía para hacerlos más eficientes y manejables;
- Cambio en plantas y equipos de energía para lograr los mejores rendimientos posibles ;
- Sustitución de energéticos por otros más sanos y sostenibles en sus manejos.

## 5.4 RACIONALIZACIÓN DE LOS CONSUMOS

Ante la realidad práctica de que la energía tiende a disiparse si se deja descuidada en su manejo, se plantea la racionalización. Como su nombre lo indica, se trata de emplear un enfoque racional que se basa en los siguientes aspectos esenciales:

- Conocer el sistema de manejo de energía que se va racionalizar.
- Identificar los tipos de energía que intervienen.
- Contar con información del fabricante.
- Comprometer a los involucrados
- Relacionar con otros procesos.
- Medir consumos y producciones.
- Determinar consumos específicos.
- Comparar contra consumos ideales.
- Determinar las razones para que no se llegue a los consumos ideales.
- Determinar pérdidas y balancear el sistema.
- Diagnosticar las posibles mejoras.
- Hacer un plan de trabajo para las mejoras con metas y objetivos.
- Poner en marcha el plan.
- Evaluar los resultados.
- Mejorar continuamente.
- Controlar
- Hacer mantenimientos y no dejar deteriorar el sistema.
- Llevar registros y establecer indicadores.
- Divulgar los resultados y estimular a los involucrados.

**Para racionalizar los consumos hay que medirlos, relacionarlos con la producción, costear los productos en término energéticos y plantearse objetivos y metas. Luego cumplirlos y felicitarse.**

## 6 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS ENERGÉTICO

### 6.1 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.

Dentro de la racionalización de la los consumos de energía es esencial realizar balances de masa y de energía. Estos deben ser hechos por una persona que maneje los conceptos, por lo menos a un nivel elemental.

- **Balance de energía**

La primera ley de la termodinámica o principio o de la conservación de la energía establece las relaciones entre los flujos de energía que experimenta un sistema físico y la forma en que cambian sus propiedades. En el establecimiento de un balance energético general para cualquier proceso, es conveniente utilizar como base una unidad de tiempo de operación, por ejemplo una hora para operación continua y con ciclo para una operación discontinua o intermitente.

Si se analiza el sistema abierto en estado estable y con flujos uniformes las expresiones de la primera ley se pueden manejar de manera practica. La siguiente es la expresión de la primera ley en estado estable:

$$Q-W = \sum m_s (h_e + EC_e + E_{Pe}) - \sum m_i (h_i + EC_i + E_{Pi}) + [m_2(u_2 + EC_2 + EP_2) - m_1(u_1 + EC_1 + EP_1)]$$

e = en las salidas de sustancias

i = en las entradas de sustancias

1 = al inicio del proceso

2 = al final del proceso

**W** es el trabajo que se hace sobre el medio, o el medio hace sobre el entorno.

Para un sistema cerrado (no hay flujos de materia que entran y salen del sistema), en donde no se experimenta cambio alguno en la energía cinética y potencial del sistema, la primera ley se convierte en:

$$Q-W = (U_i - U_f)$$

Energía interna (U). Si se trabaja en forma adiabática ( $Q=0$ ) se puede reconocer que el trabajo es independiente de la trayectoria, es decir no depende de cómo y que tipo de trabajo se haya realizado, solo depende de los estados inicial y final. Al ser el trabajo realizado independiente de la trayectoria, es porque existe una propiedad que depende solo del estado del sistema, que es la **Energía, U**.

**Trabajo adiabático = Energía inicial – Energía final**

$$W_{adi} = U_i - U_f$$

**Q** es el calor que entra o sale del sistema. Q es un tipo de energía, que al igual que el trabajo solo se manifiesta mientras el sistema esta en evolución, ya que en el estado de partida solo existía  $U_i$  y en el de llegada solo existe  $U_f$ . Además se manifiesta si no se trabaja en forma adiabática.

$$Q = (U_i - U_f) - W$$

Casos particulares de la segunda ley.

- Proceso adiabático ( $Q=0$ ). proceso físico en el que magnitudes como la presión o el volumen se modifican sin una transferencia significativa de energía calórica hacia el entorno o desde éste.
- La expresión de la primera ley para un sistema que está sujeto a un ciclo cerrado es la siguiente

$$Q-W = 0$$

Es decir, el calor neto tomado de las fuentes caloríficas es igual al trabajo que intercambia el sistema con el ambiente que lo rodea.

La energía de un sistema aislado del ambiente por un conjunto de paredes que lo mantienen en equilibrio; es decir sin cambio en sus propiedades, permanecerá constante en cuanto estas paredes o ligaduras no se rompan. Si lo hacen el sistema

realizara un trabajo, absorberá o cederá calor o se derramara o todos a la vez, hasta que alcance un nuevo estado de equilibrio fijado por los alrededores del sistema, es decir será compatible con las nuevas paredes que lo confinen de nuevo y la nueva energía del sistema será la resultante de sumar todos los trabajos, calores y variaciones de energía absorbidas o cedidas por el sistema es decir:

**Cambio de Energía – Flujo de Calor neto que entra + Flujo de trabajo neto que sale = 0**

$$dU - dQ + dW = 0$$

#### • ESTUDIOS DE EFICIENCIA Y DE LÍMITES DEL SISTEMA

Las transformaciones de la energía presentan límites impuestos por la naturaleza, que deben considerarse. El primero de ellos se refiere a que toda la energía que se le suministra a un proceso con una finalidad no se podrá transformar totalmente, perdiéndose parte de esta en otras formas de energía. Es así como se habla de eficiencia y pérdidas impuestas a cualquier proceso real de transformación de un tipo de energía en otro.

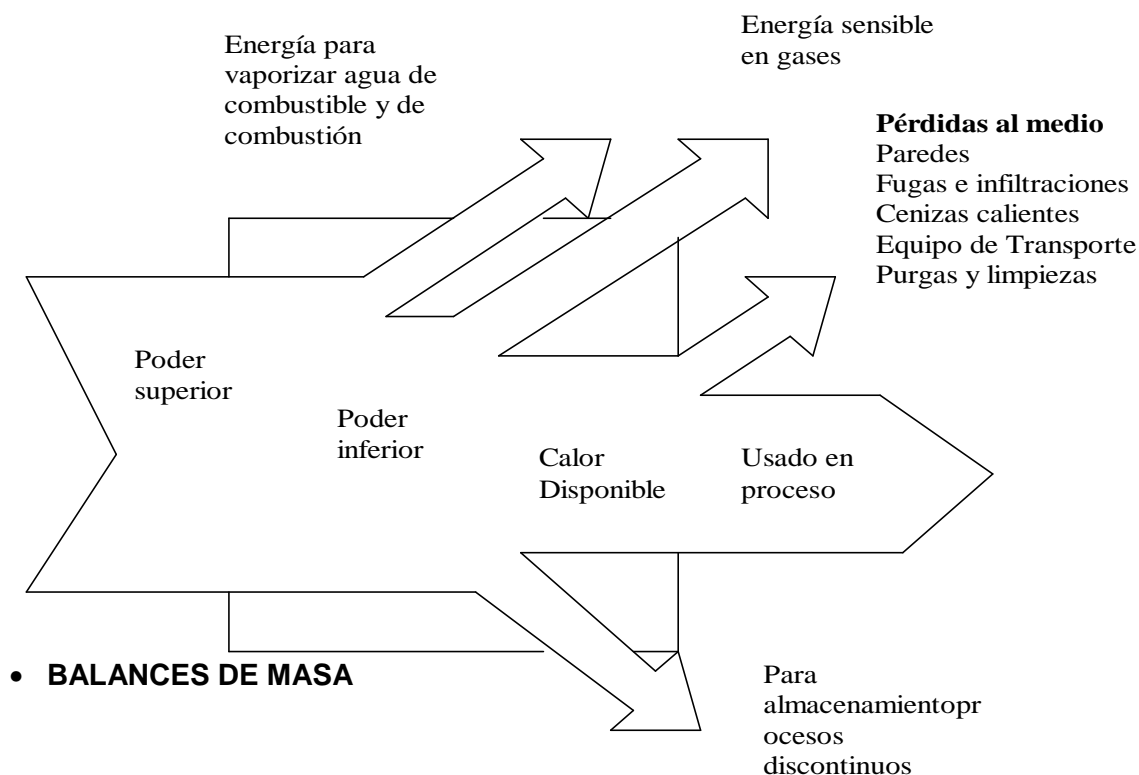
**Eficiencia = (energía real consumida en el proceso) / (energía total suministrada al proceso)**

El otro límite impuesto por la naturaleza es el que no es posible transformar totalmente el calor en energía mecánica en un dispositivo que trabaje de forma cíclica. Siempre va a ocurrir que parte del calor suministrado por una fuente de alta temperatura se convierte en calor que se debe entregar a una fuente de temperatura baja, por lo que siempre se logran eficiencias límites por debajo del 100% en situaciones ideales, es decir sin irreversibilidades. En presencia de irreversibilidades las eficiencias alcanzadas están por debajo de la eficiencia límite. Para que un proceso este exento de irreversibilidades, es decir sea ideal se debe cumplir que:

- Generación de trabajo sin presencia de fricción.
- No ocurren mezclas de sustancias diferentes ni hay transformaciones radicales de las sustancias.
- Transmisión de calor a través de diferencias de calor infinitesimales (es decir, muy pequeñas).

#### • Diagramas de distribución de energía

Una buena manera de visualizar las pérdidas y la manera en que la energía suministrada a un proceso se reparte, es por medio de la representación gráfica o esquemática de los balances de energía. Una técnica usada es la de los denominados diagramas de Sankey, los cuales son útiles para representar cómo se distribuyen los flujos de energía a medida que pasan por el proceso. A continuación se presenta un ejemplo de lo anterior para un proceso de combustión.



**Diagrama de Sankey para un proceso de combustión**

La contabilización de las materias que entran y salen, se acumulan y se agotan en un intervalo de tiempo dado es llamado balance de masas.

Por lo tanto un balance de masa es la aplicación práctica de la ley de conservación de la materia.

Uno de sus fines es contabilizar las corrientes o flujos de materia y sus variaciones en el tiempo, que no se pueden medir directamente. Para tales fines los cálculos se realizan estableciendo un número de ecuaciones independientes igual al número de incógnitas de composición y masa.

Es necesario distinguir entre procesos continuos, que son aquellos en los cuales continuamente entran y salen del sistema corrientes de materia y procesos

discontinuos o por tandas, que son de carácter intermitente y en los que en general no entran ni salen del sistema corrientes continuas de materia durante el transcurso de la operación.

Un proceso continuo estable está también caracterizado por un estado estable de flujo, y por una constancia de temperaturas y composiciones en cualquier punto dado del proceso. En cambio los procesos discontinuos o por tandas, están asociados con cambios en el tiempo.

Las siguientes normas sirven para dirigir el transcurso de los cálculos:

- Si tienen lugar reacciones químicas, se hace necesario desarrollar balances de materia basados sobre elementos químicos, o sobre radicales compuestos o sustancias que nos se alteren, descompongan o formen en el proceso. En este caso es importante conocer las reacciones que ocurren y se facilitan las cosas trabajando en base molar y másica.
- El número de incógnitas desconocidas que ha de ser calculado debe corresponder al número de balances de materia independientes.
- Se pueden emplear criterios variados para suplir los datos que no se logren generar por mediciones o por balances. Con frecuencia hay flujos de masa que son pequeños y que se pueden suponer racionalmente o no tener en cuenta.
- Es importante hacer cruces con base en sustancias que aparezcan en varias corrientes.
- Es muy conveniente realizar los balances por varios métodos y verificar los resultados contra la lógica del proceso y contra otras informaciones provenientes de la planta.

#### • **BALANCE DE MASAS EN LA COMBUSTIÓN.**

Siendo la combustión un proceso importante en la industria donde ocurren reacciones químicas es importante considerar el manejo de la estequiometría para poder desarrollar los balances de masa.

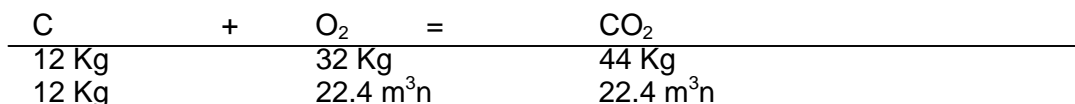
El proceso de la combustión está conformado por una serie de pasos intermedios, que en situaciones prácticas son difíciles de evaluar. Para la mayor parte de las aplicaciones relacionadas con buenas prácticas energéticas y ahorro de energía, es suficiente con realizar análisis simples basados en la estequiometría de las reacciones de combustión.

Es importante entender que el aire idealizado se considera una mezcla de 1 mol de oxígeno  $O_2$  y 3.76 moles de nitrógeno  $N_2$ . Tiene un peso molecular de 28.9 gramos por gramo mol. La fracción molar de cada componente es equivalente a la fracción volumétrica. Por ello el aire tiene 21 % de oxígeno y 79 % de nitrógeno. A la vez un metro cúbico de oxígeno está asociado con 4.76 metros cúbicos de aire.

En términos de masa, el aire contiene 23.3 % de oxígeno y 26.7 % de nitrógeno. Por ello un kilo de oxígeno está contenido en 4.3 Kilos de aire.

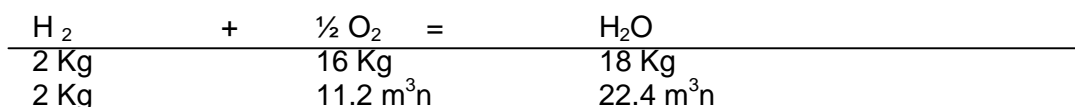
Las ecuaciones básicas de las combustiones esenciales son las siguientes:

Carbono C

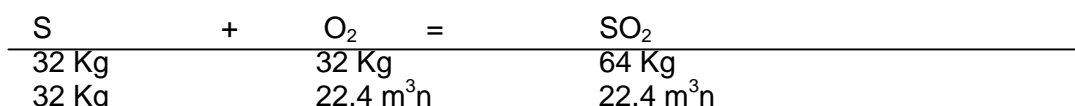


Aire seco requerido para la combustión del carbono = 11.48 kg / Kg de C, ó, 8.86 m<sup>3</sup>n Aire / Kg Carbono (C). m<sup>3</sup>n son metros cúbicos a condiciones normales ( 273 °K , 0.0 °C y una atmósfera de presión , (1013 x 10<sup>5</sup> Pa o 760 mmHg).

Hidrógeno H<sub>2</sub>



Aire seco requerido para la combustión del Hidrógeno 34.52kg / Kg Hidrogeno (H<sub>2</sub>), ó, 26.6 m<sup>3</sup>n Aire / Kg Hidrogeno (H<sub>2</sub>)



Aire seco requerido para la combustión del Azufre = 4.31 kg de Aire / Kg Azufre (S), ó, 3.33 m<sup>3</sup>n Aire / Kg Azufre (S)

Para encontrar el valor del volumen de oxígeno requerido en cada reacción química involucrada en el proceso de combustión, se parte de la base de que cada mol de cualquier sustancia a 273.16 grados Kelvin y una presión absoluta de 1013 x 10<sup>5</sup> Pa (760 mmHg) ocupa el volumen de 22.4 x10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>n (metros cúbicos normales).

La densidad del Aire seco en condiciones normales de 273.16 grados K y 1.013 x 10<sup>5</sup> Pa (760 mm Hg) es de 1.293 Kg/ m<sup>3</sup>n.

El aire requerido en las anteriores ecuaciones básicas de combustión se determinó tomando como base los porcentajes de oxígeno y nitrógeno en el aire así:

|           | Volumen (%) | Masa (%) |
|-----------|-------------|----------|
| Nitrógeno | 79          | 77       |
| Oxígeno   | 21          | 23       |

Con base en las ecuaciones básicas de la combustión que se pueden conocer los requerimientos de aire teórico o estequiométrico para los diferentes combustibles utilizados en nuestro país., esto se muestra en la siguiente tabla lo mismo que las cantidades de gases producidos cuando se utiliza el aire estequiométrico.

| <b>AIRE Y GASES DE COMBUSTIÓN PARA LA QUEMA ESTEQUIOMETRICA DE COMBUSTIBLES USADOS EN COLOMBIA</b> |                           |                                      |                            |                                      |
|--|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>Combustibles</b>  | <b>AIRE DE COMBUSTIÓN</b> |                                      | <b>GASES DE COMBUSTION</b> |                                      |
|  | <b>Kg/Kg Combustible</b>  | <b>m<sup>3</sup>n/Kg Combustible</b> | <b>Kg/Kg Combustible</b>   | <b>m<sup>3</sup>n/Kg Combustible</b> |
| Fuel-2 (Diesel)  | 14,5                      | 11,2                                 | 15,5                       | 12,0                                 |
| Kerosene   | 14,9                      | 11,5                                 | 15,9                       | 12,3                                 |
| Fuel-6 (Fuel-oil)  | 13,9                      | 10,8                                 | 14,9                       | 11,5                                 |
| Crudo de Castilla  | 14,6                      | 11,3                                 | 15,6                       | 12,1                                 |
| Carbón de Amagá  | 7,8                       | 6,0                                  | 8,6                        | 6,7                                  |
| Carbón mineral energético con 35% Cenizas  | 6,4                       | 4,9                                  | 7,1                        | 5,5                                  |
| Madera de Eucalipto  | 5,7                       | 4,4                                  | 6,7                        | 5,2                                  |
| Gas natural  | 17,4                      | 13,5                                 | 18,4                       | 14,2                                 |
| Propano  | 15,8                      | 12,2                                 | 16,8                       | 13,0                                 |

Fuente: CIDI, IPT Revisada por autor

## **7 ASPECTOS AMBIENTALES GENERALES DEL USO DE LA ENERGÍA**

El mal manejo de los recursos energéticos se traduce en procesos más ineficientes, en donde las materias primas se ven transformadas a medias, malgastando los insumos y surgiendo productos indeseados que se emitirán posteriormente al ambiente como contaminantes.

Un proceso de transformación que ejemplifica el anterior hecho es la combustión, que debe tener eficiencias energéticas altas y por ende controles estrictos, debido a que la conversión de la energía química contenida en el combustible en calor genera compuestos perjudiciales al ambiente. Por tal motivo se dictan normas que restrinjan las emisiones de los contaminantes, y así disminuir el impacto ambiental que estas generan. Dichas normas limitan la producción de contaminantes tales como NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y Partículas suspendidas, y dependen del tipo de combustible y la cantidad de energía generada.

Para disminuir el impacto ambiental, se debe prestar atención a equipos de procesos que utilicen y/o transformen energía, en los que se presenten emisiones al ambiente y llevar a cabo una serie de prácticas dirigidas a la disminución de dichas emisiones:

- Velar porque todo equipo nuevo cuente con la mejor tecnología ambiental conocida o disponible.



- Conocer los consumos de combustibles de la empresa y llevar estadísticas de consumo específico y por procesos.
- Realizar calibraciones frecuentes de los equipos de combustión.
- Conocer las eficiencias de trabajo y establecer metas de rendimiento.
- Trabajar con los proveedores para mejorar los energéticos suministrados y su manejo.
- Mantener en buen estado la instrumentación de los equipos que consumen energía.
- Entrenar al personal frecuentemente.
- Cumplir y conocer las normas de manejo de energéticos que se aplican a la empresa.
- Realizar controles periódicamente de las emisiones, llevando un registro de estos que permita establecer comparaciones y así tomar decisiones

## **8 BUENAS PRÁCTICAS DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO. DISCUSIÓN DE LAS ACCIONES TÍPICAS QUE SE REALIZAN.**

La implementación de buenas prácticas en la industria trae consigo el ahorro de energía. La realización de estas prácticas requiere en general de cierto nivel de entrenamiento y en muchos casos se requiere personal calificado, un buen mantenimiento de los equipos y un registro detallado de los consumos.

Las buenas prácticas y la racionalización de los consumos de energía se refieren a dispositivos concretos con los cuales se trabaja en las empresas y a los cuales se pueden aplicar los ahorros. Por ello es importante contar con un conocimiento básico de estos elementos.

### **8.1 CONOCER EL EQUIPO Y SENTIRLO: BASE PARA LAS BUENAS PRÁCTICAS**

Se propone una rutina de observación especial como base para las buenas prácticas. Esta rutina tiene 4 pasos, así:

Paso 1 . Seleccionar un equipo determinado. Esta selección debe responder a un objetivo claro que se desea lograr.

Paso 2. Observar el equipo desde diferentes puntos de vista. Por ejemplo, como encargado de mantenimiento, como operario, como vendedor, como responsable de

producción, como técnico de instrumentación, como investigador, como gerente, como profesor universitario, como estudiante de práctica, como vendedor de repuestos, como encargado de la lubricación, como inventor. Anotar los puntos que se consideren importantes.

Paso 3. Observar el equipo en relación con los demás equipos y procesos que tienen que ver con él. Establecer los límites y las zonas por las cuales recibe transferencias de masa y energía. Elaborar diagramas de flujo y balances.

Paso 4. Sentir a fondo el equipo. Asegurarse de que se conocen sus manuales y de que se han contrastado con las prácticas y procedimientos de trabajo existentes. Velar porque se cuente con una mínima teoría operativa que permita deducir sus límites y puntos de trabajo deseables. Consultar con expertos si es del caso. Consultar con el fabricante o el diseñador si es del caso. Realizar mediciones. Recoger registros. Revisar la historia. Elaborar balances refinados . Sacar conclusiones y aplicarlas. Evaluar los resultados.

Como resultado de estas buenas prácticas de observación, hechas a fondo o en forma sencilla o aproximada, se van a obtener ideas claras para adelantar racionalizaciones y buenas prácticas operativas.

Cada equipo debe contar con registros, con unas carpetas que registren la historia, que se puedan consultar y donde se anoten los cambios y las mejoras.

A continuación se presentan algunos aspectos a tener en cuenta en equipos diversos de uso frecuente en las empresas.

## **8.2 HORNOS**

Los hornos son equipos térmicos de tipo muy variado y diverso que utilizan la energía para generar ambientes calientes que permitan secar productos, calentar (aumentar la energía interna de una sustancia dada), provocar transformaciones químicas de sustancias, fundir minerales u otros materiales, para realizar tratamientos térmicos, etc.

Las mediciones claves en un horno tienen que ver con las temperaturas de proceso, con el suministro de energía, con los flujos de entrada y de salida de los productos y de los aires calientes y fríos.

El suministro de energía a los hornos puede provenir de varias fuentes: combustión ( oxidación de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos), de la disipación de energía en resistencias eléctricas, de la descarga eléctrica entre dos electrodos por efecto de arco, de la energía contenida en un plasma térmico, del sol (concentración de rayos solares), de fuentes de microondas, de inducción, etc.

Los hornos pueden clasificarse en continuos, semicontinuos, e intermitentes. Dentro de los hornos continuos se pueden mencionar los tipos de túnel ampliamente utilizados en la industria cerámica; los rotatorios, muy utilizados en el sector cementero, los reactores en lecho fluidizado, actualmente utilizados en el sector minero.

Los hornos semicontinuos son pocos y se pueden mencionar el tipo Hoffman, muy utilizado en la industria ladrillera. En estos hornos, la carga es estática y el quemador va viajando por cada una de las zonas del horno.

Con relación a los hornos intermitentes se puede decir que son muy usados en zonas poco desarrolladas y son altos consumidores de energía. En este grupo, se encuentra los de llama invertida, los hornos de arco eléctrico, los de inducción, cuartos secadores etc.

### Pérdidas en los hornos.

En un horno muchas de las pérdidas tienen que ver con el estado del horno. Estos equipos tienden a deteriorarse por razón de las condiciones de trabajo. Es muy conveniente, como en todo equipo térmico, tener datos sobre los consumos específicos de los energéticos del horno, por lo menos una vez al mes.

Los principales focos u orígenes de las pérdidas de energía son:

- Temperatura de gases de escapes excesiva.
- Combustión defectuosa.
- Temperaturas de paredes altas por falta de aislamientos adecuadas.
  
- Pérdidas de calor en paredes:  
Según lo explicado se pueden estimar como  $Q_p = h \cdot A(T_p - T_a)$   
Donde: **h** = Coeficiente de transferencia de calor al ambiente. Combina efectos de convección y radiación. En muchos casos se pueden estimar las pérdidas con un valor h de 1 Btu / hr / ft<sup>2</sup> / °C.  
**A** = área de contacto con el medio. **T<sub>p</sub>** = temperatura de pared.  
**T<sub>a</sub>** = temperatura del medio
- Entradas de aires falsos.
- Radiación a través de aberturas.
- Temperatura excesiva en el producto y en los elementos de transporte.
- Funcionamiento intermitente.
- Mala carga.
- Operación defectuosa.
- Paradas imprevistas.
- Uso de gases de elevada temperatura en hornos que deben trabajar a baja temperatura.

La mejor manera para determinar los focos de pérdidas es por medio de la realización de los balances energéticos, los cuales se pueden presentar en tablas en forma porcentual o específica o mediante diagramas de Sankey.

### Algunas buenas prácticas

#### Operativas:

- Aumentar la carga de los hornos y operarlos a plena producción.

- En el caso de hornos intermitentes evitar el enfriamiento excesivo entre operaciones.
- Aislar adecuadamente las paredes del horno y las conducciones calientes.
- Precalentar el aire de combustión con el material que se debe enfriar.
- Quemar el combustible con bajo exceso de aire.
- Precalentar el material con los gases calientes de la zona de cocción.
- Operar en lo posible en contra corriente.
- Secar con los gases calientes que provienen de la zona de precalentamiento.
- Mantener la materia prima en zonas aireadas y cubiertas para que entre lo más seca posible al horno.
- Recuperar la energía sensible de los humos de chimenea. Esta perdida puede reducirse así:
  - Precalentar el aire para secar y precalentar los sólidos que van entrar al proceso.
  - Precalentar el aire de combustión, cuando no se hace con los sólidos que deben enfriarse.
  - Recirculando parte de los humos para rebajar la temperatura en la zona de combustión.

#### De diseño.

- Permitir posibilidades de aprovechamiento del calor de los gases para secado.
- Permitir precalentamiento o recirculación con el objeto de tener los gases de la chimenea a una temperatura lo más baja posible.
- Diseñar teniendo en cuenta las necesidades reales de producción.
- Explorar la posibilidad de trabajar en forma continua y a alta capacidad.
- Aislar adecuadamente el horno.
- Seleccionar quemadores de alta eficiencia, en lo posible con precalentamiento de aire y control de emisiones de  $\text{NO}_x$ .

#### De mantenimiento.

- Realizar mediciones de control.
- Cuidar que no se alejen los parámetros del diseño del fabricante.
- Conserve el aislamiento en condiciones óptimas.
- Mantener el sistema de control en buen estado y acorde con los parámetros óptimos.

#### De evaluación y registro

- Realizar evaluación de perdidas regularmente.
- Llevar estadísticas de carga y de proceso. En general el rendimiento del equipo cae cuando se opera en puntos retirados del diseño.

Es importante aprovechar al máximo las transferencias de calor y operar las cámaras de combustión a las mayores temperaturas posibles. La figura siguiente presenta la relación entre la temperatura de llama con respecto al exceso de aire para dos combustibles, sin tener en cuenta efectos de disociación. Operar con elevados excesos de aire origina perdidas de potencial de transmisión de calor al ser menores las temperaturas de llama. Una posibilidad es la de reincorporar al

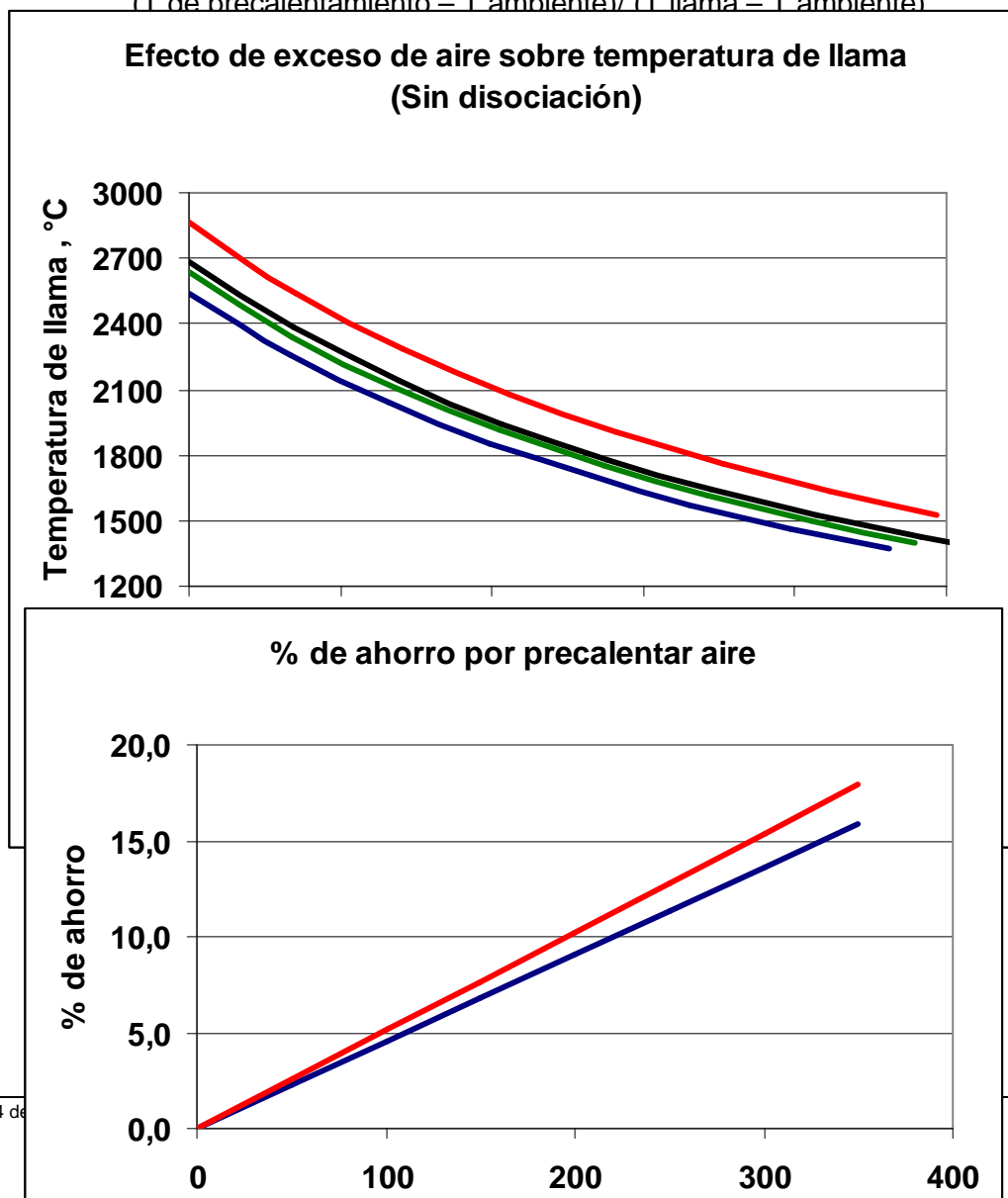
hogar productos de la combustión en lugar de trabajar con excesos elevados de aire de combustión, sobre todo en los casos de hornos de bajas temperaturas.

Para estimar la temperatura de llama adiabática se emplea un balance de energía en la cámara de combustión así:

$$\text{Poder calorífico inferior del combustible} = (\text{Relación aire a combustible} + 1) \times (T_{\text{llama}} - T_{\text{ambiente}}) \times \text{calor específico de los gases}$$

Las transferencias de calor en convención, con frecuencia, van a depender linealmente de las diferencias de temperatura entre la carga y los gases de combustión. En cambio el efecto del flujo de gases opera con efecto inferior al lineal. Por ello hay más ganancia en trabajar a altas temperaturas que a altos flujos, en general y por ello conviene trabajar con altas temperaturas de llama y los menores excesos de aire que sean factibles.

$$\% \text{ de ahorro por precalentar aire} = (T_{\text{de precalentamiento}} - T_{\text{ambiente}}) / (T_{\text{llama}} - T_{\text{ambiente}})$$



Con respecto al precalentamiento de aire de combustión, se presentan ahorros que se estiman con la siguiente expresión con la cual se preparó la figura respectiva. Esta medida debe ir acompañada de un análisis de costos, ya que se requieren dispositivos especiales para ello.

### 8.3 GENERADORES DE VAPOR. (CALDERAS)

Son recipientes de forma cilíndrica generalmente, que trabajan a presión, diseñados para transferir calor proveniente de la combustión, a un fluido que generalmente es agua, que por su alto calor latente de vaporización hace que la fase gaseosa de este fluido pueda almacenar altas cantidades de energía térmica.

La fuente de calor más conocida proviene de combustibles fósiles: carbón, aceites combustibles, gases combustibles, también se usan algunos desechos sólidos combustibles como son: la cascarilla de arroz, llantas de desecho, papel, madera de desecho, bagazo, fibras vegetales.

Otras fuentes de calor son las resistencias eléctricas y la energía térmica residual de los gases calientes de procesos industriales.

Al ser la caldera un equipo de transferencia de calor por medio de una reacción de combustión hay que tener en cuenta algunas mediciones claves para conocer el funcionamiento actual del equipo y para tener criterios sobre la eficiencia. Estas son; flujo, temperatura y composición de los gases de salida, contenido de humedad del combustible, flujo de aire, temperatura de entrada del agua.

#### Eficiencia.

La eficiencia de una caldera se define como la relación entre la cantidad de energía ganada por el vapor y la energía calorífica entregada por el combustible

$$Efic = (Mv \cdot Hfg) / (Mc \cdot Hc) \cdot 100$$

Donde:

**Mv** = Flujo de Vapor entregado por la caldera.

**Hfg** = Entalpía de vaporización

**Mc** = flujo de combustible consumido por la caldera

**Hc** = poder calorífico del combustible.

- Eficiencia de la reacción de combustión. Se define como el grado de conversión de la reacción, y se verifica con la cantidad de inquemados a la salida de los humos.
- Eficiencia total. Se define como la energía bruta que sale dividida la que entra. La energía bruta que sale se mide en el vapor o agua caliente que sale de la caldera y la energía bruta que entra depende del poder calorífico del combustible, de la temperatura del aire de combustión y la del agua.

#### Perdidas

Las pérdidas se originan en los siguientes fenómenos:

- Temperatura excesiva de gases efluentes.
- Inquemados del combustible.
- Porcentaje excesivo de oxígeno en los gases, el cual indica altos excesos de aire.
- Elevada temperatura de paredes de las superficies externas.
- Calidad pobre del vapor por arrastre de agua.
- Excesivo caudal de purgas y de fondo.
- Cenizas calientes.
- Agua en el aire de combustión y combustible.
- Fugas de vapor.
- Redes mal dimensionadas.
- Falta de control.
- Operación fluctuante con demandas muy variables de vapor.

Las calderas modernas bien operadas deben mostrar eficiencias por encima del 85 %.

#### Practicas claves para la disminución de perdidas en calderas

- Buena limpieza en las superficies de los tubos, interna y externamente. El registro de temperaturas de los diferentes pasos de gas ayuda a detectar condiciones de limpieza para óptimas eficiencias. Los coeficientes globales de transferencia de calor se ven disminuidos por la presencia de incrustaciones y depósitos.
- Regular el tiro del hogar a un nivel bajo que garantice la evacuación de los gases, que apenas contrarreste las caídas de presión a través de la caldera y que de mejor residencia del calor en todas las superficies de intercambio.
- Procurar una combustión eficiente, manteniendo los quemadores bien ajustados para una relación constante aire combustible.
- Procurar siempre el buen estado y calibración de los pulverizadores, atomizadores, parrillas, etc.
- Trabajar con combustibles cuyas características sean conocidas y controladas.
- Mantener buen sello en la caldera para evitar infiltraciones de aire que aumenten los excesos de aire.
- Hacer un buen control interno y externo del agua de la caldera y de las purgas, para evitar incrustaciones.
- Se pueden aprovechar el calor en los gases para precalentar el agua de alimentación y/o el aire de combustión. Se debe evitar bajar la temperatura de los gases demasiado, pues se van a causar problemas de corrosión.
- Los combustibles deben ser almacenados de tal manera que queden protegidos contra la humedad excesiva.
- La instalación de controles automáticos es importante en cuanto sea posible. Es recomendable colocar controles de velocidad electrónicos a los motores de los ventiladores y de la bomba.

- Un aspecto importante y difícil de evaluar, pero que puede estar generando altas pérdidas de energía, son los picos altos de carga. Para dar solución a esta situación se pueden efectuar algunos cambios:
  - Disminuir los picos de carga elaborando un buen plan de demanda y suministro de calor.
  - Reemplazar los controles On/Off de los procesos que demandan vapor por controles de trabajo continuo.

Las buenas prácticas para la racionalización de los consumos se deben enfocar a ciertos sistemas y equipos específicos, en los que se refleja un mayor impacto positivo de las acciones de minimización.

## 8.4 ILUMINACIÓN

El área de la iluminación eléctrica es uno de los que ofrece un mayor potencial de ahorro de energía, en parte por la cuantía absoluta del ahorro que puede ser importante y más que todo porque contribuye a formar en las personas un alto grado de concientización que se transforma en rutina y finalmente en cultura del uso racional de la energía.

El uso adecuado de la iluminación empieza desde el diseño mismo de las instalaciones y pasa por la operación y el mantenimiento.

### Factores para un buen sistema de iluminación.

- Selección del nivel de iluminación. Varía de acuerdo a la labor que se desarrolle en cada área de trabajo.
- Diseño de la instalación eléctrica. Con el fin de lograr ahorro de energía en la operación de un sistema de alumbrado, la instalación debe diseñarse con las facilidades necesarias para efectuar una buena programación de la iluminación, con lo cual se puede lograr la coordinación con el uso de la luz natural, permitiendo así una manera fácil de conservación de energía.
- Uso de fuentes de iluminación de alta eficiencia.
- Uso de la luz natural.
- Condiciones ambientales. Uno de los principales enemigos de un sistema eléctrico es el calor. El aumento o la disminución de la temperatura dentro de la luminaria, es en gran parte lo que determina la duración de las partes eléctricas que las componen.
- Integración de los sistemas de alumbrado climatización y acústica. Se pueden obtener los siguientes resultados: manejo eficiente del calor producido por las luminarias, desempeño más eficiente de las lámparas, especialmente las fluorescentes; reducción de las temperaturas de trabajo de las balastas, mejor desempeño del aire acondicionado.



- Altura de las luminarias. La intensidad de iluminación de un punto dado, es igual al flujo luminoso dividido por el cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y dicho punto.
- Cambio de la fuente de luz actual por otra de mayor eficiencia. Este es uno de los aspectos que mas contribuyen al ahorro de energía. Los costos de inversión son altos, pero el tiempo de pago de la misma, es favorable. Una forma de visualizar la eficiencia de un determinado tipo de iluminación, es referirla al índice lumen / vatio. En la medida que este índice es mayor, se trata de una iluminación más eficiente.

El objetivo de la lámpara es producir una iluminación, que se mide en lúmenes, de alta calidad, sin distorsión exagerada de los colores y con bajo consumo de potencia.

Hay un amplio rango de rendimientos en vatios por lumen. A mayor índice de vatios por lumen, menos eficiencia

La tabla siguiente muestra los amplios rangos de rendimiento que se pueden generar en este tipo de sistemas.

| <b>Tipo de Lámpara</b>                         | <b>Vatios</b> | <b>Vatios/1000/Lúmenes</b> |
|--|---------------|----------------------------|
| incandescente                                  |               |                            |
| "  | 25            | 108,7                      |
| "  | 40            | 87,7                       |
| "  | 60            | 73,5                       |
| "  | 100           | 57,5                       |
| "  | 150           | 54                         |
| "  | 500           | 47                         |
| Luz mixta                                      |               |                            |
| "  | 160           | 53,3                       |
| "  | 250           | 43,85                      |
| "  | 500           | 35,7                       |
| Fluorescentes de oficina de alta tecnología T8 | 27            | 9.0                        |
| Luz amarilla de sodio HID                      | 400           | 8.0                        |
| Luz Blanca haluro de metal HID                 | 400           | 9.5                        |
| Sodio a baja presión monocromática             | 26            | 5.5                        |

Ahorrar energía en la iluminación requiere la reducción de la electricidad consumida en la fuente o la reducción del tiempo en que la fuente de iluminación se encuentra encendida. Esto se puede lograr mediante:

- Disminución de la potencia, lo cual involucra reemplazar las lámparas o Accesorios por unos más eficientes.
- Reducción del tiempo que las luces están encendidas, esto es mejorar los controles de iluminación y educar a los usuarios en cuanto al apagado de luces innecesarias.
- Uso de la luz solar, lo cual reduce el consumo de la energía mediante el reemplazo de luces eléctricas por luz natural, esto puede representar ahorros de un 40 a 60% del uso de electricidad para iluminación.
- Realización de mantenimientos simples, lo que preserva la calidad de la iluminación y permite menores niveles iniciales de iluminación.

Técnicas y tecnología para la reducción de los consumos en la iluminación.

a) Controles de iluminación:

- Controles de reinicio. Se utilizan para apagar las luces a determinadas horas del día y su encendido se hace manualmente.
- Sensores de presencia. Estos dispositivos captan el movimiento y apagan las luces cuando no se ha generado ninguno en un área por un tiempo predeterminado.
- Controles de reconocimiento de luz solar.
- Temporizadores de presión. Comúnmente utilizados en áreas ocupadas brevemente como escaleras.
- Encendido según la hora.

## 8.5 REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Cada sistema de enfriamiento tiene una tasa de eficiencia energética que especifica cuánta energía es removida por cada vatio de energía utilizado, el cual se denomina el coeficiente de operación (COP) y que se busca que sea alto para lograr una mayor eficiencia. En sistemas evaporativos se tienen COPs mayores de 1.5, con frecuencia sobre 3., mientras que en sistemas por absorción el COP está entre 0 y 1. La diferencia está en que mucha de la energía usada por el último ciclo causante del bajo COP es térmica (por lo que se pueden aprovechar calores residuales de la planta), pero esta puede ser de aprovechamiento y resultar más barata que la energía eléctrica usada por el ciclo evaporativo.

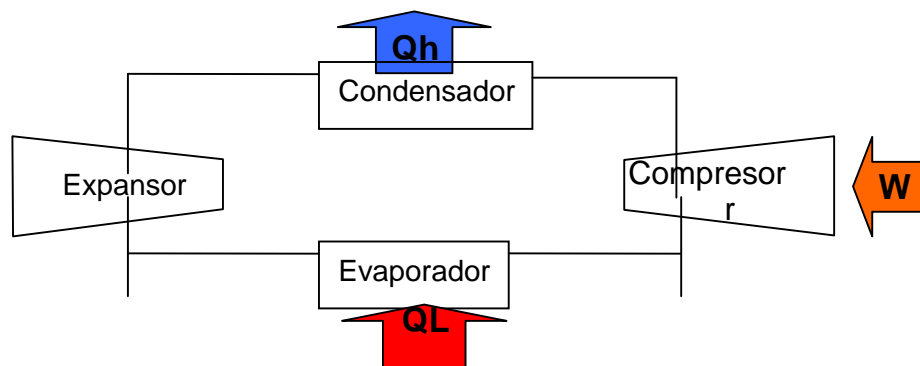
Algunos problemas comunes con estos sistemas resultan de una instalación inadecuada, procedimientos pobres de servicio y un mantenimiento inadecuado. A continuación se dan algunos ejemplos:

- a. La instalación inadecuada en un sistema de aire acondicionado puede resultar en ductos con fugas y bajos flujos de aire.
  - En muchas ocasiones, la carga del refrigerante no está ajustada a las especificaciones del fabricante y por lo tanto, durante la instalación del sistema, se debe hacer una carga adecuada para evitar comprometer la eficiencia y desempeño de la unidad.
  - Para sistemas de aire acondicionado independientes, generalmente se tiene un rango de 5.500 a 14.000 Btu por hora. Si se está en un clima templado se recomienda tener COP de 9,0 y en climas cálidos, un COP por encima de 10.
  - El aire acondicionado centralizado tiene un COP entre 9,7 y 10 e incluso se pueden encontrar sistemas con COP de hasta 17.

En el caso de los sistemas industriales se pueden hacer las siguientes anotaciones.

En términos de refrigeración la idea fundamental es que existen unas necesidades de calor de enfriamiento que se estimaron en el anexo 1. Para lograr esto, se requiere un suministro de energía en los compresores. La figura 1 muestra un esquema de un ciclo de este tipo.

La relación entre la potencia  $W$  y el calor  $QL$  se denomina COP, coeficiente de rendimiento. Los equipos para este tipo de aplicaciones deberían tener COP al menos de 1.5, pero se consiguen equipos con COP del orden de 3.



En la empresa el  $Q_L$  se debe suministrar para las siguientes necesidades:

- Enfriar los productos y sus empaques hasta las temperaturas de refrigeración y de congelamiento.
- Compensar por el calor de fusión de los congelados.
- Mantenerlos fríos una vez almacenados.
- Compensar el calor que resulta de la respiración de los materiales vegetales y orgánicos.
- Equilibrar las ganancias de calor por las paredes, techos y pisos.

- Equilibrar las ganancias de calor por las entradas de personas y por las infiltraciones de aire.
- Equilibrar la energía que se libera al condensar el agua que contiene el aire cuando este se enfría.
- Equilibrar la energía de las resistencias internas que tenga el equipo para fundir escarchas.

Los equipos de refrigeración trabajan de acuerdo con los puntos de ajuste de las presiones y temperaturas del refrigerante en su paso por el condensador a alta temperatura y en su paso por el evaporador a baja temperatura. Estos puntos tienen rangos óptimos que dan lugar a los menores consumos de energía.

Los equipos deben estar instrumentados para medir estos puntos. Se recomienda instalar manómetros (que a la vez miden temperatura por tratarse de sustancias en puntos de saturación) con el debido cuidado e instrucciones de manejo para evitar fugas de refrigerante.

Con los datos de los instrumentos y el consumo de potencia medido con amperímetro, se puede estimar el rendimiento de los equipos. Pero ello requiere la intervención de una persona entrenada y que conozca el lenguaje respectivo. Como ya se explicó, se recomienda contactar una empresa especializada en equipos de refrigeración para instrumentar los equipos y entrenar a alguien de la empresa para interpretar la información en términos de rendimiento.

Se recomienda llevar un registro de estos datos en el tiempo, al menos mensual, lo cual permitirá:

- Determinar las eficiencias y detectar problemas. Los estimativos realizados, que son muy aproximados pues no se contaba con información suficiente, indican que el COP “práctico” existente en los sistemas actuales
- Contar con información más técnica para realizar mantenimientos y reparaciones cuando se caigan los rendimientos.
- Detectar problemas operativos que den lugar a caídas de rendimiento.

## **8.6 MEJORAS EN LA OPERACIÓN DE LOS CUARTOS FRÍOS**

Siempre es posible realizar mejores prácticas operativas en los cuartos fríos, examinando las siguientes posibilidades:

- Existen condiciones recomendadas para este tipo de proceso que se deben seguir. Este es un tema técnico que debe ser estudiado y establecido por la empresa.

- El estandarizar las condiciones y el hacerles seguimientos implica contar con bases de referencia objetivas para mejorar los sistemas.
- Es posible que en fines de semana o en las noches los cuartos lleguen a temperaturas inferiores a las recomendadas. Ello implica mayores gastos de energía. Se recomienda hacer seguimientos en las noches y en fines de semana y si es del caso, programar los controles y las secuencias de los equipos para evitar estos sobre costos.
- Evitar en lo posible ingresos no programados a los cuartos.
- Vigilar la hermeticidad de las puertas.
- Almacenar los productos con criterio, evitando cerrar los pasos de aire desde los difusores. Con regularidad deben hacerse mediciones de temperaturas internas para detectar si los controles y circulaciones de aire en verdad dan lugar a las temperaturas deseables. El anexo 2 presenta algunas indicaciones sobre este tema.
- Controlar y programar los tiempos de almacenamiento. Esto implica buena coordinación comercial y con la zona de producción.
- Apagar las lámparas internas siempre que el cuarto esté cerrado.
- Se recomienda adquirir un equipo de medición de temperaturas para llevar controles regulares de las temperaturas en distintas zonas de los cuartos.
- Mantener en buenas condiciones los medidores de temperatura. Durante la visita se notó que dos de los cuartos tienen indicadores descalibrados.
- Los productos que se manejan tienen propiedades que pueden ser muy distintas entre sí. Es posible que se justifique estudiar bien los distintos límites de cada producto y examinar en qué forma se puede aprovechar este conocimiento para ajustar temperaturas, tiempos y secuencias de trabajo.

## 8.7 AIRE COMPRIMIDO

La reducción en el consumo de energía de compresores de aire puede ser lograda mediante:

- Control de fugas. Las fugas constituyen en ocasiones el 30% del total de aire consumido, y para controlarlas es necesario un mantenimiento regular de ellas.
- Operación en niveles óptimos de carga.
- Secuencias correctas.
- Asegurar que el aire de entrada este frío. Por cada 10°C de aumento en la temperatura del aire de entrada, el consumo de potencia aumenta en un 3%.
- Mantener una presión del aire correcta en cada punto de la planta.

## 8.8 CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA.

Los costos de la energía por estos servicios se pueden minimizar mediante la selección de tamaño y secuencias apropiadas: la eficiencia de los enfriadores y

calderas baja a medida que su carga se reduce. La máxima eficiencia se puede lograr mediante las siguientes estrategias:

- Las unidades no deben ser sobre diseñadas.
- Donde se encuentren múltiples unidades, se deberán operar un número mínimo de unidades de tamaño adecuado.
- Cuando están funcionando múltiples unidades, la unidad con la carga más eficiente debe ser cargada parcialmente, mientras que las otras deberán operar a carga máxima.
- Temperatura apropiada del agua: los enfriadores se caracterizan por su coeficiente de desempeño (poder de refrigeración/potencia de entrada), el cual varía con la temperatura del agua fría producida.
- Control del ventilador de la torre de enfriamiento.
- Tamaño apropiado de las tuberías e inspección por fugas o daños en los aislamientos.
- Elección de combustible apropiado.
- Mantenimiento regular.

## 8.9 MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores son las unidades funcionales de mayor consumo de electricidad en la industria, pues son los responsables del funcionamiento de diversos equipos como bombas, ventiladores, compresores, calentamiento, equipos para el procesamiento de materiales y para el manejo de maquinaria. En general, la regla es comprar motores de alta eficiencia al momento de reemplazar los viejos.

El rendimiento de los motores eléctricos en general es muy elevado. La duración de un motor dependerá del tipo de funcionamiento a que se le someta, del número, duración y magnitud de la carga a la que se le someta.

En funcionamiento normal están permitidas fluctuaciones de tensión de alimentación de más o menos de un 5%. Sin embargo, una disminución de la tensión provoca una mayor corriente en los devanados del rotor y del estator, causando un aumento de las pérdidas y una disminución del rendimiento. Un aumento de la tensión de alimentación provoca un apreciable aumento de la corriente reactiva necesaria, con lo que además aumentan las pérdidas, el factor de potencia disminuirá.

Los motores de inducción presentan un consumo de potencia reactiva bastante elevada. El factor de potencia de un motor varía con la carga a que esta sometido. El factor de potencia es mas elevado en motores grandes que en pequeños y en los motores de mayor velocidad que en los de menor velocidad.

### Eficiencia.

En la transformación de electricidad en energía mecánica, que tiene lugar en los motores eléctricos, una parte de la electricidad tomada se convierte en calor, constituyendo las pérdidas del motor.

El rendimiento de un motor es el cociente entre la potencia mecánica útil cedida en el eje ( $P_u$ ) y la potencia eléctrica absorbida en la red ( $P_t$ ) siendo la potencia de pérdida  $P_p$ .

$$n = P_u/P_t$$
$$n = P_u/(P_u+P_p)$$

El rendimiento de un motor se puede calcular a partir de la medición de  $P_u$  y  $P_t$ .

Las pérdidas que se producen en los motores eléctricos son de tres tipos:

- Pérdidas eléctricas en devanados y otras partes de la máquina ( $P_{cu}$ ).
- Pérdidas producidas en circuitos magnéticos, o pérdidas en el hierro ( $P_{fe}$ ).
- Pérdidas mecánicas debidas a rozamiento o a ventilación ( $P_{mec}$ ).

Los rendimientos de los motores eléctricos son en general muy altos, a no ser que se les haga trabajar a cargas muy reducidas. Con cargas muy pequeñas predominan las pérdidas constantes ( mecánicas y de hierro), y el rendimiento es muy bajo. Crece rápidamente al crecer la carga y pasa por un máximo, para luego bajar más lentamente.

En motores de alta velocidad y gran potencia, predominan las pérdidas dependientes de la carga. El rendimiento baja rápidamente al bajar la carga del motor por debajo de la nominal.

En motores de mediana y baja potencia y de menos velocidad predominan las pérdidas dependientes de la carga. El rendimiento, al bajar la carga por debajo de la nominal, se mantiene prácticamente constante e incluso aumenta hacia los  $\frac{3}{4}$  de plena carga, para luego disminuir rápidamente.

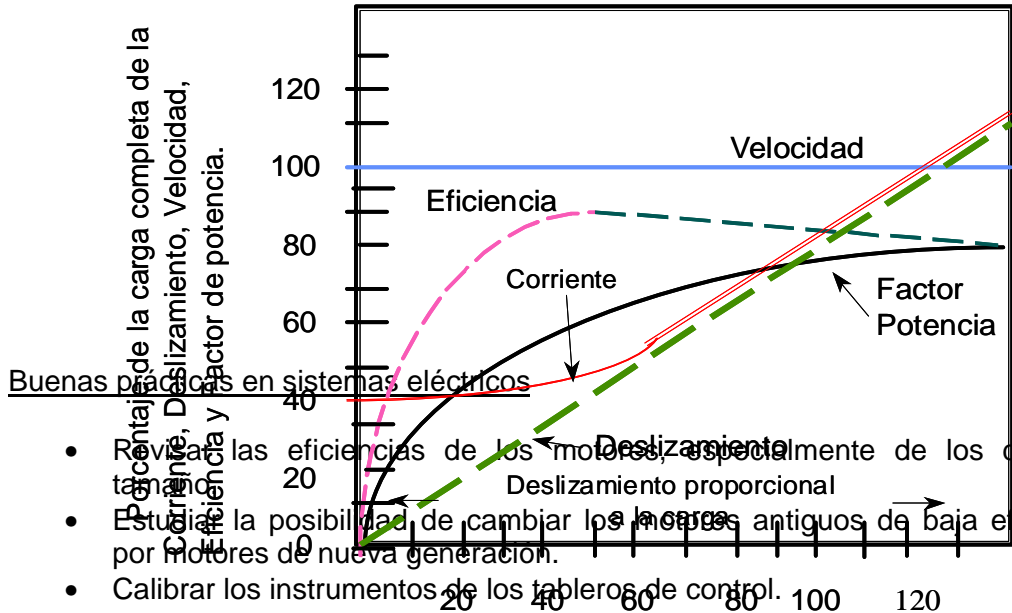
Los rendimientos de los motores eléctricos crecen al crecer la potencia del motor. La gama de rendimientos es amplia. Van desde rendimientos del orden de 0.6 para motores asíncronos monofásicos, a rendimientos del orden de 0.96 para grandes motores sincrónicos.

Características del motor.

- Rendimiento y factor de potencia.
- Tipo monofásico o trifásico. Son preferibles los trifásicos.
- Potencia. Debe ser superior a un 25% de la potencia calculada para contar con factor de operación suficiente.
- Tensión. Mientras más alta sea la tensión de servicio, menores serán las pérdidas totales en el sistema por ser menor la corriente para la misma corriente utilizada.
- Sistema de arranque.

La figura siguiente muestra las curvas de rendimiento típicas de los motores más comunes que son los de inducción.

### Curva Típica de un Motor NEMA Diseño "B"



Buenas prácticas en sistemas eléctricos

- Revisar las eficiencias de los motores, especialmente de los de gran tamaño.
- Estudiar la posibilidad de cambiar los motores antiguos de baja eficiencia por motores de nueva generación.
- Calibrar los instrumentos de los tableros de control.
- Estos sistemas se deben evaluar regularmente, sobre todo si son complejos y de alto consumo de energía,
- Evitar fugas, puntos calientes en los conductores y uniones.
- Hacer mantenimiento predictivo mediante termografías en puntos calientes potenciales.
- Revisar rodamientos y ventiladores.
- Al rebobinar motores se puede perder eficiencia. Evaluarla luego de rebobinar..
- Revisar la energía perdida en los elementos de regulación y estudiar la posibilidad de que se trabaje con control electrónico de velocidad en los motores.
- Revisar los amperajes de las líneas y velar porque estén dentro de los estándares.
- Vigilar el factor de potencia de los equipos y de la empresa y mantenerlo dentro de límites. Estudiar el control automático de este factor.
- Contar con diagramas de los sistemas eléctricos y con una tabla de puntos de diseño y funcionamiento esperados.

Se pueden lograr mejoras en la eficiencia de los motores hasta de un 30% mediante:

- Motores eficientes energéticamente.
- Velocidades ajustables.
- Acondicionamiento de la potencia.
- Mejores bombas, ventiladores compresores y otros equipos
- Mejores diseños del sistema.



## 8.10 SECADORES

La operación de secado consiste generalmente en la eliminación de la humedad de una sustancia. La aplicación de este concepto es muy amplia, pero en general se aplica a la eliminación térmica, en comparación a la eliminación mecánica de la humedad mediante exprimido o centrifugado. En la práctica el gas generalmente es aire y la humedad agua.

El grado de presión de vapor o presión de saturación que ejerce la humedad contenida en un sólido húmedo o en una solución líquida depende de la naturaleza de la humedad, la naturaleza del sólido y la temperatura. Por lo tanto si un sólido húmedo se expone a una corriente continua de gas con un contenido de humedad que ejerce una presión parcial determinada en el gas, el sólido o bien perderá humedad por evaporación o ganará humedad por condensación del vapor contenida en el gas, hasta que la presión parcial del vapor en el gas iguale la presión de vapor de la humedad.

En un secador las fuentes principales de energía están dadas por el calor contenido en el aire de suministro, el cual es previamente acondicionado a la temperatura y humedad requerida. Alternativamente se puede transferir calor por conducción a través del sólido para facilitar la evaporación o tener una fuente de calor por radiación.

En secado son muy importantes los siguientes conceptos:

- A mayor temperatura del aire de secado, más facilidad para remover la humedad.
- Los productos tienen temperaturas límites que se deben respetar, especialmente en el caso de productos orgánicos.
- A más tiempo de residencia (de contacto) del producto, más capacidad de secado.
- La temperatura del producto no sobrepasará un valor denominado temperatura de bulbo húmedo del aire de secado en contacto con él, hasta que no pierda su humedad. Esta temperatura depende de la humedad del aire y es menor que la temperatura normal del aire, llamada de bulbo seco. Esto significa que se puede poner producto en contacto con aires muy calientes, sin sobrecalentarlos, siempre y cuando no se llegue al punto de secado total del producto.
- En sistemas de secado por aire, es importante un buen contacto del aire caliente con todo el producto.
- El aire caliente va a tender a tomar rutas preferenciales alejadas del contacto con el producto. Esto se debe tener en cuenta en el diseño.
- Es importante recircular el aire que sale del secadero, cuando este tenga altas temperaturas y humedades no saturadas.

### Eficiencia

Como el fin principal del secado es la extracción de humedad, en gran parte por medio de adición de calor al sistema, el flujo de calor que representa la evaporación del agua será el resultado buscado .

$$\text{efic} = (\text{Ma} \cdot \text{Hfg} / \text{POT. CAL}) \cdot 100$$

Donde:

Ma = Flujo de agua retirado

Hfg = Entalpía de evaporación. Para el agua 580 Kcal/kg.

POT.CAL. = potencia calorífica suministrada al secador.

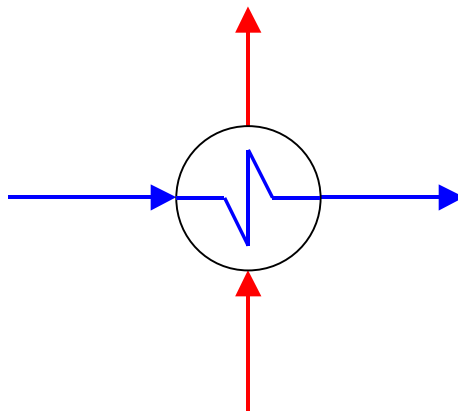
### Buenas prácticas en secado

- Operar de forma regulada el equipo.
- Medir la eficiencia regularmente.
- Cargar el producto de forma regular, de forma que no se dejen espacios para que el aire busque rutas preferenciales.
- Si el equipo tiene sistemas de recirculación, estos se deben utilizar y calibrar.
- Evitar que la temperatura sea la única variable que se controla. Esto puede ser muy engañoso y llevar a consumos excesivos de combustibles.
- Calibrar los instrumentos.
- Desarrollar métodos adecuados de determinación de humedad en el producto. Este punto es muy importante, pues se pueden generar altos costos en busca de puntos de secado muy exigentes.
- Mantener el sistema limpio.
- Evitar que el aire de descarga final sea succionado de nuevo hacia la entrada del sistema.

## **8.11 INTERCAMBIADORES DE CALOR**

Todo equipo cuyo fin sea el de transferir energía en forma de calor por medio de corrientes calientes y corrientes frías, las cuales pueden estar en contacto o no, se denomina intercambiador de calor. Las variaciones de la forma de intercambiar el calor y las sustancias involucradas son los principales factores que condicionan las clases de intercambiadores. Las variaciones más relevantes buscan aumentar el área de transferencia o tener intercambiadores prácticos que faciliten el mantenimiento y limpieza, para que no se vea disminuido el coeficiente global de transferencia de calor.

## Eficiencia.



Frío ————

Caliente ————

La eficiencia de un intercambiador se define según el requerimiento de calentamiento o enfriamiento del proceso, por lo tanto si lo que interesa es calentar una corriente fría, el flujo de calor hacia la corriente fría será el objetivo principal. Para este caso la eficiencia es:

$$Efic = (M \cdot Cp \cdot (TS - TE))_{frío} / (M \cdot Cp \cdot (TE - TS))_{cal} \cdot 100$$

Donde:

M = Flujos de masa de los fluidos de intercambio.

Cp = Calores específicos de fluidos

TE = Temperatura de entrada.

TS = Temperatura de salida

Cal = lado caliente ( fluido que se enfría )

Frío = Lado frío ( fluido que se calienta).

### Buenas prácticas en intercambiadores de calor

- Medir la eficiencia regularmente.
- Calibrar los instrumentos.
- Mantener los sistemas limpios.

## **8.12 REACTORES**

Básicamente un reactor es un recipiente el cual ocurre una o varias reacciones simultáneas o en serie. Son importantes las condiciones que promuevan el avance de las reacciones, tales como agitación, la temperatura, la presión y el tiempo de residencia de los productos. La energía suministrada al reactor dependerá entonces de las condiciones especiales y los dispositivos que condicionen un grado de

conversión óptimo de los reactivos, en un reactor de tanque agitado con chaqueta de calentamiento o con un sistema de control de temperatura la energía suministrada provendrá de dos fuentes: el motor del agitador y la energía térmica entregada por el sistema de control de temperatura. Tanto la mezcla de reactivos como la misma reacción pueden producir calor. Si no se opera el reactor de una manera adiabática las pérdidas de calor harán que la conversión de reactivos sea menor, por lo tanto será este un punto crítico a tener en cuenta.

### Eficiencia.

Las principales pérdidas que se presentan en un reactor son las térmicas, siendo la temperatura un factor crítico a controlar, utilizándose sistemas de intercambio de calor ya sea para disminuir la temperatura a un nivel más bajo si la reacción es exotérmica, aumentando la temperatura si la reacción es endotérmica. El aislamiento es importante. Los otros tipos de pérdidas dependen de los equipos complementarios que tenga el reactor, como es el caso de los sistemas de vacío o presión, los sistemas de agitación, los sistemas de condensación, de recuperación y de control ambiental, etc.

Si existe un correcto intercambio de energía en el reactor la transformación de la materia y la obtención de productos se verá beneficiada. Para evaluar el desempeño de un reactor con base en el grado de avance de la reacción se define entonces "la conversión" así:

$$X = (N_{Ai} - N_{Ao}) / N_{Ai}$$

Donde:

$N_{Ai}$  = Masa convertida en el tiempo  $i$

$N_{Ao}$  = Masa inicial

Esta conversión se estudia como función de los suministros de energía. Cada reacción tiene un requisito energético por unidad de producto final, el cual se compara con el gasto real.

### Buenas prácticas en reactores

- Medir la eficiencia regularmente.
- Calibrar los instrumentos.
- Mantener los sistemas limpios.
- Estos sistemas siempre se deben investigar. Son muchas las oportunidades para mejoramiento, optimización y mayor productividad.
- Son sistemas en los cuales siempre hay oportunidad para desarrollo tecnológico. Deben ser objeto de estudios frecuentes y de modernización.

## **8.13 SISTEMAS DE TRASIEGO. BOMBAS**

En un alto porcentaje de procesos a nivel industrial esta involucrado el transporte de fluidos de un lugar a otro. Para realizar este trabajo se hace indispensable la implementación de un sistema de bombeo que aporte la energía requerida para producir el desplazamiento. Sin embargo, no siempre la energía que se suministra es la que en verdad se requiere y se desperdicia en múltiples formas.

Se puede definir una bomba como un dispositivo capaz de adicionarle energía a una sustancia fluida para producir su desplazamiento de una posición a otra, incluyendo cambios de elevación.

La bomba es considerada como el corazón del sistema de bombeo, del cual forman parte las tuberías de succión y descarga y los elementos de control como válvulas, manómetros, etc. Debido al amplio uso y desempeño de las bombas es indispensable al diseñar, dimensionar y poner en operación los sistemas de bombeo, minimizar los costos en el consumo de energía. Lo primordial que se debe buscar con tales ahorros es reducir al mínimo los requisitos y condiciones hidráulicas para tratar de hacer la selección de la bomba lo mas eficiente para el sistemas. En muchos sistemas de bombeo, la caída de presión en tuberías es la principal perdida dinámica.

Los fabricantes de las bombas suministran las curvas de rendimiento, cabeza contra caudal, potencia contra caudal y eficiencia contra caudal. Estas son las mejores herramientas para revisar los sistemas de bombeo rutinariamente.

Existen numerosos tipos de bombas, Las categorías más importantes son las de tipo centrífugo y las de desplazamiento positivo.

En las primeras, el flujo está muy relacionado con la cabeza. En las segundas el flujo depende poco de la cabeza.

### **Eficiencia.**

$$\text{Efic} = (D \cdot g \cdot H \cdot Q / P) \cdot 100$$

Donde:

P = potencia mecánica suministrada

= potencia eléctrica \* eficiencia eléctrica del motor

= voltaje \* amperaje \* 1.73 \* efic eléctrica (para motores trifásicos)

Q = caudal del liquido

H = Cabeza entregada al liquido. Casi siempre viene a ser el cambio de presión que da la bomba, expresado como unidades de longitud del fluido.

D = densidad del liquido

g = gravedad

Dg = peso especifico del agua.

### **Perdidas en tuberías.**

Perdidas en la entrada y en la salida. Si la toma de la bomba esta en un deposito, tanque o cámara de entrada, las perdidas ocurren en el punto de conexión de la tubería de succión con le suministro. La magnitud de las perdidas depende del diseño de la entrada del tubo. Una boca acampanada bien diseñada produce la

mínima pérdida. Asimismo, en el lado de descarga del sistema cuando el tubo de descarga termina en algún cuerpo de líquido, se pierde por completo la carga de velocidad del líquido y se debe considerar como parte de las pérdidas totales por fricción en el sistema

#### *Pérdidas por fricción.*

Las pérdidas por fricción en las tuberías de entrada y de salida varían en general en proporción al flujo al cuadrado.

$$h_l = f(L/D) \cdot H_v$$

Donde:

$h_l$  = caída de presión (se expresa en unidades de longitud del fluido)

$f$  = factor de fricción.

$L$  = Longitud del ducto. A la longitud real se le añade las longitudes equivalentes de los accesorios (codos por ejemplo)

$D$  = Diámetro del ducto

$H_v$  = Cabeza de velocidad del flujo =  $V^2/2g$ .  $V$  = velocidad.

#### Buenas prácticas en sistemas de bombeo

- Medir la eficiencia regularmente.
- Calibrar los instrumentos.
- Mantener las tuberías limpias. Cuando se transportan sólidos mezclados con los líquidos, se requieren sistemas de lavado de las tuberías y velocidades suficientes para evitar depósitos.
- Estos sistemas se deben evaluar regularmente, sobre todo si son complejos y de alto consumo de energía,
- Evitar fugas.
- Mantener en buen estado los sellos y rodamientos.
- Los rotores se pueden deteriorar y perder eficiencia y capacidad.
- Revisar la energía perdida en los elementos de regulación y estudiar la posibilidad de que se trabaje con control electrónico de velocidad en los motores.
- Revisar las velocidades de transporte y evitar trabajar con altas pérdidas de fricción.
- Estudiar el control automático como alternativa al control manual.
- Contar con diagramas de los sistemas de bombeo y con una tabla de puntos de diseño y funcionamiento esperados.

## **8.14 CIRCUITOS ELÉCTRICOS**

La función principal de un cable de energía aislado, es la de transmitir energía a una corriente y tensión establecida que le permita operar bajo condiciones específicas. Los elementos adecuados para cumplir con esta son:

- El conductor, por el cual fluye la corriente eléctrica.
- El aislamiento, que soporta la tensión aplicada.
- La cubierta, que da la protección contra agentes externos.

### Pérdidas.

Las pérdidas de energía que tienen lugar en los cables se deben a la conversión de energía eléctrica en energía calórica y se desarrollan particularmente en tres elementos: conductor, aislamiento o dieléctrico, pantallas o cubiertas metálicas.

**Pérdidas en el conductor:** Las pérdidas por calor generado en el conductor están descritas por el efecto de Joule, y es una función del cuadrado de la corriente que circula por el conductor y de la resistencia que ofrece el mismo.

**Pérdidas en el aislamiento:** las pérdidas en el aislamiento de un cable de energía dependerá fundamentalmente de las características del material.

**Pérdidas en las pantallas.** Existen solo cuando están aterrizadas en sus extremos. La corriente que circula por ella es inducida por la corriente a través del conductor y es limitada solo por la resistencia eléctrica de la pantalla.

Las pérdidas por disipación de calor en un conductor ( $I \cdot R^2$ ) son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente transportada. A su vez esta corriente es inversamente proporcional al voltaje ( $P=I \cdot V$ ). Por tanto, mientras mayor sea el nivel de voltaje seleccionado, menores serán las corrientes circulantes y por ende menores las pérdidas de energía por disipación de calor.

Todos los conductores poseen resistencia; se requiere de una energía para forzar el flujo de una corriente eléctrica a través de él. El voltaje que se pierde forzando el flujo de corriente se conoce como caída de voltaje. De ahí que: independientemente el tamaño del conductor seleccionado es imposible prevenir que se presenten caídas de voltaje, pero sin embargo debe mantenerse dentro de límites prácticos. Las normas recomiendan que los conductores se seleccionen de forma que la caída de voltaje no exceda del 3% para circuitos ramales y de un 2% para circuitos alimentadores principales. La caída de voltaje se puede calcular por medio de la ley de Ohm ( $\Delta V= I \cdot R$ ).

## **8.15 TRANSFORMADORES**

Los transformadores tienen importancia capital dentro de los sistemas de generación, transporte y distribución de electricidad, ya que han permitido la preponderancia de la corriente alterna y la capacidad de utilizar en cada sector de los niveles de tensión más apropiados y económicos, atendiendo a factores tales como: potencia a transmitir, seguridad de utilización, longitud de líneas etc. Los transformadores presentan rendimientos muy elevados, bastante superiores a los obtenidos en las máquinas eléctricas rotativas como motores y generadores.

### Eficiencia del transformador

El transformador transmite una potencia P1 a una tensión V y en el paso de dicha potencia a través del transformador se producen pérdidas de manera que la salida llega a una potencia P2 menor que la potencia de entrada P1.

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia: } n &= \text{Potencia de salida (P1)} / \text{Potencia de entrada (P2)} \\ &= P2 / (P2 + \text{Pérdidas}) \end{aligned}$$

### Pérdidas.

Las pérdidas que se producen en un transformador son de dos tipos: las denominadas pérdidas en el hierro que son debidas a la magnetización del núcleo y las denominadas pérdidas en el cobre que se producen en los devanados, debido a la resistencia de los conductores.

Las pérdidas del hierro (Po) se producen mientras el transformador esta energizado y por lo tanto son independientes de la carga del transformador. Estas pérdidas se pueden hallar mediante el ensayo en vacío del transformador y este es un dato que normalmente es suministrado por el fabricante.

Las pérdidas en el cobre (Pcu) también se denominan pérdidas por efecto joule en los devanados: son proporcionales al cuadrado de la corriente y a la resistencia de los devanados y por lo tanto, aproximadamente proporcionales al cuadrado de la carga del transformador.

### Buenas prácticas en transformadores

- Estos son equipos sofisticados que se deben mantener en buenas condiciones con asesoría experta.
- Evitar un manejo inadecuado de los aceites de reemplazo.

## **9 GESTIÓN DE ENERGÍA INDUSTRIAL**

### **9.1 ELEMENTOS DE LA GESTIÓN**

Se denomina gestión al conjunto de actividades organizadas con las cuales se busca el logro de objetivos en una empresa. La gestión implica cierto grado de formalidad, cierto nivel de administración, la existencia de un ciclo de manejo que incluya revisiones y cambios, cierto nivel de compromiso con objetivos, involucrar equipos de trabajo y un compromiso gerencial.

Las empresas que hacen gestión de energía responden a una conciencia de mejoramiento continuo y al convencimiento de que existen importantes potenciales de ahorro. Al mismo tiempo, están contribuyendo a los programas energéticos del país y al desarrollo sostenible.



Desde el punto de vista práctico se tiene un conjunto de acciones y de enfoques que corresponden a elementos como los que se listan a continuación:

- Evitar desperdicios en el consumo de energía.
- Utilizarla y transformarla adecuadamente.
- Acoplar procesos para aprovechar las energías residuales.
- Tener conciencia de la capacidad de los equipos, dimensionar correctamente las instalaciones y escoger la capacidad adecuada para los equipos.
- Procurar un nivel cada vez mayor de control de los procesos.
- Examinar las ventajas de los procesos continuos y evitar interrupciones y paros.
- Conocer los límites de rendimiento de los procesos y velar porque se logren los rendimientos energéticos más altos que sea posible en ellos y en las demás actividades de la empresa.
- Reducir al mínimo las pérdidas en redes de distribución de electricidad, vapor, aire y líquidos.
- Aislar térmicamente los aparatos y tuberías calientes.
- Hacer revisiones a las instalaciones periódicamente, como rutina interna, y en caso necesario, por expertos en ahorro de energía.
- Promover la conservación.
- Establecer programas de entrenamiento para el personal que tiene responsabilidades relacionadas con los equipos de consumo energético significativo.
- Velar porque se evite tener encendidos equipos cuando no se encuentren en uso.
- Realizar actividades de registro y monitoreo de consumos de energía.
- Asegurar que el mantenimiento de los equipos contemple aspectos relacionados con la energía y que tenga elementos preventivos y predictivos.
- Velar porque se cuente con instrumentación adecuada y en funcionamiento.
- Mantenerse al día en los avances tecnológicos y en la modernización de los equipos y procesos que consumen energía.
- Estar consciente y cumplir las normas y exigencias ambientales y energéticas.
- Contar con bases técnicas y con información organizada para los equipos.
- Velar porque haya trabajo de equipo, motivación y compromiso de las personas en los temas relacionados con la energía.
- Velar porque se lleven registros de consumos y costos energéticos para los distintos equipos y procesos que lo ameriten.
- Velar porque al comprar o diseñar nuevos equipos o procesos, se tengan en cuenta los aspectos energéticos.

Hay diversos factores y elementos claves a considerar en un programa de ahorro de energía en la industria, como los siguientes.

- Eficiencia de maquinaria nueva.
- Pérdidas por combustibles no quemados.
- Pérdidas térmicas por paredes.
- Pérdidas térmicas en humos calientes.

- Perdidas puesta en marcha arranque.
- Perdidas por funcionamiento en vacío.
- Perdidas en productos rechazados.
- Perdidas por exceso de temperatura.
- Fugas de vapor y o aire comprimido
- Perdidas térmicas en tuberías.
- Perdidas de fricción en tuberías
- Perdidas por excesiva e inadecuada iluminación.
- Equipos viejos de bajo rendimiento.
- Buenas prácticas de limpieza, mantenimiento y contabilidad
- Manejo eficiente de los aires acondicionados
- Calentamiento y enfriamiento de agua
- Motores
- Producción de vapor y cogeneración.
- Refrigeración
- Manejo de información energética.

## **9.2 HACIA LA PUESTA EN MARCHA DE UN PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Se pueden contemplar tres grandes conjuntos de acciones en el espacio empresarial.

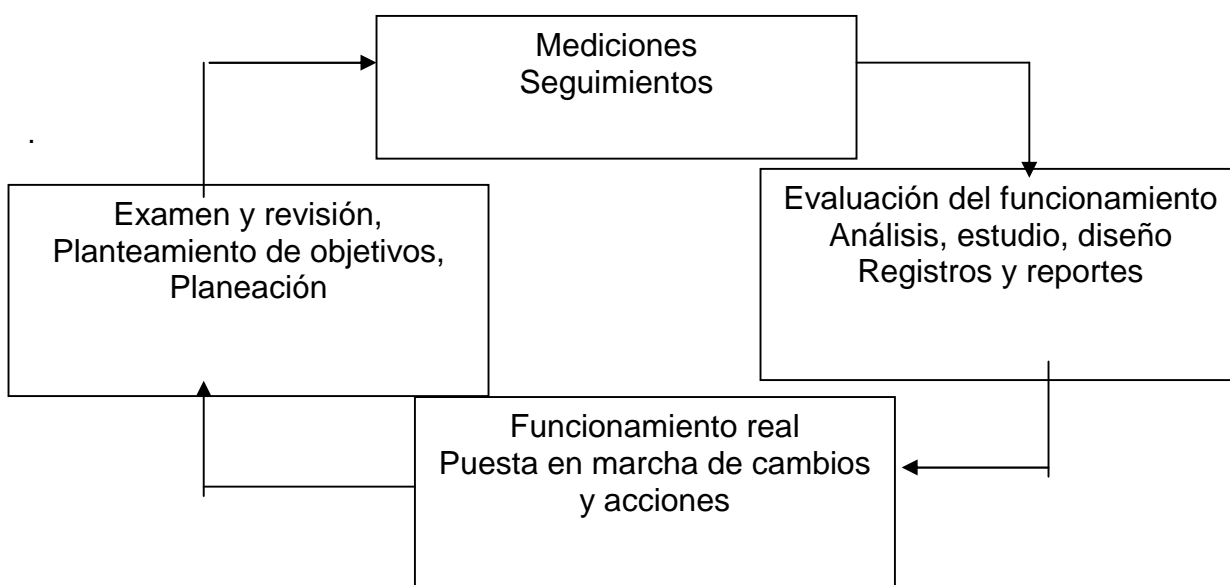
Hay acciones inmediatas, del día a día, que están bajo el dominio de las distintas personas, cada una en su puesto de trabajo y en sus campos específicos. En este espacio es factible comprometer a las personas con acciones de minimización de consumos y de ahorros que pueden ser significativas, evidentes, rentables, sencillas y de bajo costo. En estos espacios se pueden lograr ahorros energéticos inmediatamente y sin invertir grandes cantidades de dinero. Para ellos se requiere de motivación, acompañamiento y apoyo técnico básico, de confianza, de entrenamiento, de un sentido de compromiso y del conocimiento de principios sencillos.

Existe un segundo nivel, que se puede denominar el del día siguiente. En este plano las acciones corresponden a zonas de mayor responsabilidad, que implican inversiones y manejo presupuestal. Son acciones más técnicas que son emprendidas bajo la dirección de mandos y jefes en distintos niveles. Para ellos se requiere un programa deliberado, acompañado igualmente de entrenamiento, de sentido de compromiso con objetivos y del conocimiento de principios, algunos sencillos, otros más complejos.

En un tercer nivel, más de futuro y para mantener e incrementar los ahorros que se pueden lograr en los dos niveles anteriores, es aconsejable el desarrollo de un programa o sistema de manejo energético y el compromiso de la gerencia. Acá se manejan políticas y objetivos de toda la organización y se está interviniendo sobre los fundamentos de los procesos y sobre el diseño mismo del producto.

Estos programas, en sus distintos niveles, tienen que ver con las acciones que tienen por objeto lograr el uso racional de la energía en armonía con las metas de producción de la organización.

Estos programas de gestión se caracterizan porque están sujetos al clásico ciclo dinámico de planear, ejecutar, medir y revisar.



Todo esto se puede aplicar a procesos o equipos particulares o en procesos más generales como los de una línea de producción completa o al organización como un todo.

Normalmente un programa tendiente al uso eficiente de la energía conduce a hacer eficientes los manejos de otros recursos, como el personal, las materias primas, el tiempo, el medio ambiente. Esto se debe a la situación dinámica y estratégica del tema energético en la organización y en el proceso.

Los pasos para la puesta en marcha de un programa de este tipo en las empresas pueden ser generales como los siguientes:

Contar con una visión y una decisión administrativa al nivel gerencial, de forma que se trate de una iniciativa verdaderamente empresarial.

Como muchas de las actividades de ahorro energético dependen de las personas, desde la gerencia hasta la planta de producción, es importante el compromiso, pues de lo contrario se pueden generar fricciones y contradicciones internas. Eventualmente el programa va a exigir cierto nivel de inversiones y cambios. Por ello involucra liderazgo, medición y reporte, entrenamiento y revisión de los procedimientos estandarizados. Para que la gestión energética se vuelva parte de la forma como la empresa hace los negocios, es conveniente que esté integrada a

sistemas de gestión existentes tales como de calidad, ambiente y salud y seguridad. El alcance preliminar del proyecto debe ser definido en su inicio. Cuando se define el alcance preliminar es importante definir las metas y los resultados que se quieren lograr para así determinar un marco de trabajo de costo y tiempo.

El adoptar un sistema de gestión energético permite basar el sistema en un marco consistente con las prácticas actuales de manejo de la empresa. Es importante que el sistema sea dinámico de modo que se pueda cambiar a medida que la empresa se desarrolla y madura. La revisión gerencial es importante.

#### Selección de un equipo de trabajo

Se va a requerir que algunas personas estén involucradas, ciertamente deben participar las relacionadas con las áreas determinadas que tienen que ver con los programas.

Es importante establecer lenguajes comunes y nivelar a las personas en lo relativo a los conceptos de conservación de energía. Se recomienda iniciar con seminarios para aquellos que vayan a participar en él. Los seminarios deben ser planeados y ejecutados de tal manera que sean compatibles con los intereses de los participantes.

Es aconsejable establecer un comité de energía que sea representativo y designar líderes de los programas.

#### Auditorías Energéticas y Revisiones.

Es aconsejable contar con auditorías energéticas de tipo general y específica. Lo que se quiere es detectar las áreas de oportunidad para mejoras y detectar las causas fundamentales de los problemas de ineficiencia o altos consumos y plantear acciones correctivas y preventivas.

Es posible que se requiera personal experto en medición y cálculos de energía, así como asesoría relacionada con los procesos. Este personal puede ser interno y externo. Siempre es aconsejable contar con la visión de personas externas, que ven asuntos que pueden pasar inadvertidos para las personas de la organización.

Una auditoría puede ser ejecutada en varias etapas. Por ejemplo, la evaluación general de una planta puede mostrar que los consumos de vapor o energía eléctrica son mayores que los estándares conocidos para el tipo de proceso que allí se hace, por lo que se puede hacer una auditoría específica a una fuente de energía y posteriormente a los equipos.

Es conveniente designar y entrenar auditores internos que hagan revisiones sencillas y regulares de los temas de energía.

#### Mediciones y registros. Uso de indicadores

La medición regular de las variables de proceso es muy importante como base para encontrar eficiencias y puntos de trabajo comparativos. Permite contar con elementos racionales y técnicos para:

- Estudiar las condiciones actuales y calcular los indicadores
- Fijar y revisar metas y comportamiento de indicadores.
- Proponer y estimar ahorros y mejoras
- Entender la magnitud de los cambios necesarios y estimar inversiones
- Tomar decisiones y establecer prioridades

### Puesta en marcha

Estos programas se pueden desprender de diversas motivaciones, por ejemplo de instrucciones de la casa matriz, de la asistencia a un seminario, de la conciencia gerencial o de las personas de la empresa, de instrucciones de los dueños, de la revisión de costos, de la presión del mercado que obliga a rebajar costos, de la imitación de algún programa semejante en otra empresa, del conocimiento de lo que hace la competencia, de grupos de apoyo o programas sectoriales o gremiales, de programas estatales de apoyo empresarial, etc.

Con frecuencia se inicia con algún tipo de visita técnica por algún experto. Esta visita idealmente se puede planear. Más adelante se presenta un modelo de estos tipos de visitas.

Idealmente, el equipo de trabajo que se establezca en la empresa, propone un plan de trabajo, con objetivos, lista de actividades y recursos.

Habrán actividades rutinarias de las que normalmente se llevan a cabo en la organización, pero enriquecidas con la visión del manejo de la energía. Estas actividades contemplan la recolección de datos y su análisis para identificar áreas de oportunidad o puntos críticos. El objetivo será mejorar las operaciones y normalizarlas.

Eventualmente se seleccionan áreas de trabajo a las cuales se va a aplicar un esfuerzo especial de seguimiento, evaluación y mejoras.

Eventualmente se harán mediciones y evaluaciones especiales para estos casos. Cuando se requieran recolectar datos, es necesario hacerlo individualmente para cada fuente de energía según su naturaleza específica: datos eléctricos, datos de consumo, datos de propiedades, datos de producción, datos de flujo.

Todos estos esfuerzos de evaluación deben estar acompañados de un correcto manejo de la información. Deben generarse reportes e informes, que presenten el comportamiento de los indicadores, los cálculos y balances, el análisis de resultados y los correspondientes diagnósticos y recomendaciones.

Eventualmente se llevan a la práctica las recomendaciones y se ponen en marcha las medidas para reducir consumo, aumentar las eficiencias y establecer las formas mejoradas de manejo de los procesos.

Habrá que evaluar los resultados obtenidos, con procedimientos objetivos y técnicos que permitan en verdad evaluar los ahorros y las mejoras. Es posible que haya necesidad de realizar ensayos y ajustes, pues el cambio con frecuencia trae complicaciones e incertidumbre. Seguramente habrá lugar a entrenar de nuevo a las personas y a cambiar métodos y registros. Es un proceso que puede ser algo laborioso pero que resultará en los ahorros deseados.

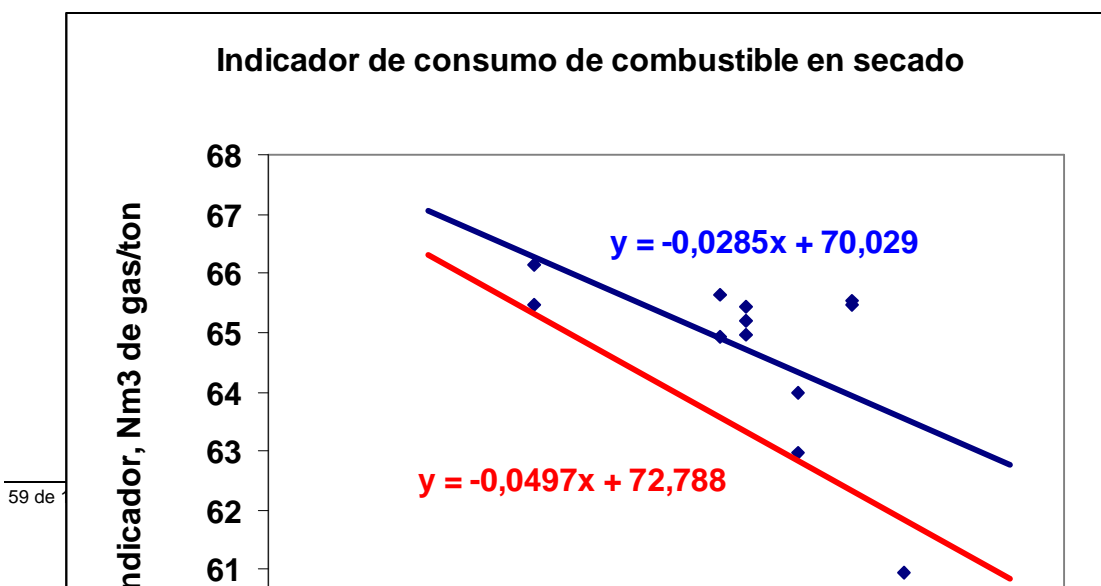
#### Un nuevo ciclo de mejoras y de nuevas decisiones.

Estos programas son continuos y caracterizados por la retroalimentación. Con frecuencia el ciclo debe comenzar de nuevo, pero bajo condiciones más dominadas. Los aprendizajes se deben elaborar, comunicar a la organización y extenderlos a otras áreas. Si hay logros, deben existir reconocimientos.

#### El consumo específico, un indicador que vale la pena utilizar.

El consumo específico, que es la relación entre los consumos de energía y la cantidad de producción relacionada con dicho consumo es un indicador muy valioso que vale la pena registrar, comentar y analizar periódicamente. Es claro que encierra todo un conjunto de variables de proceso y es de gran utilidad para la gerencia y para observar globalmente los comportamientos. Permite ver los costos y los límites de los procesos. El análisis de sus comportamientos históricos permite descubrir oportunidades de mejora.

La figura siguiente muestra un ejemplo del uso de este índice para un proceso de secado en la fabricación de un material que se emplea como componente en la fabricación de pinturas. Se observa una dispersión de los datos que refleja la complejidad del tema. Pero se incluyen dos líneas de ajuste, la promedio y una que se hizo con los valores mejores. Esta curva permite intuir que es posible normalizar el funcionamiento para alcanzar esos buenos resultados de forma normal.



Se observa que el indicador tiende a mejorar al aumentar la producción y ello se observa en la curva de ajuste de todos los datos. Al ajustar los mejores datos, se observa que el índice puede ser mejorado notablemente, con rebajas de consumo que pueden oscilar entre 0.5 y 2 Nm<sup>3</sup> por tonelada dependiendo de la producción.

Es importante anotar, que estas curvas pueden presentar diferentes tipos de evolución en el tiempo. En algunos casos pueden ascender hasta un punto a partir del cual pueden bajar bruscamente para comenzar de nuevo a ascender y esto podría estar relacionado, por ejemplo, con haber realizado un mantenimiento. En otros casos puede presentar una tendencia a aumentar, lo cual se podría interpretar como causado por una disminución de la eficiencia. Con base en lo anterior, puede afirmarse que este índice sirve para interpretar aspectos relacionados con la operación de la planta y que puede tener diferentes tipos de tendencia en el tiempo, siendo la situación ideal la tendencia a disminuir.

### **9.3 BASES PARA ESTABLECER UN PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO DE LA ENERGÍA.**

#### Razones para un compromiso

Los consumos de energía en las empresas constituyen una fracción importante del costo operativo. Un programa de buenas prácticas conduce a ahorros, mejoras, menos gastos y más productividad en la empresa.

Las fuentes de energía y el suministro de energía son aspectos de gran relevancia social y de alto impacto ecológico y económico. Todos en la comunidad son responsables de un manejo racional de los combustibles, de las fuentes de energía y de los consumos. Esto es vital para lograr las metas sociales sobre desarrollo sostenible, equilibrio ambiental y generación de bienestar comunitario. Las empresas son esenciales en este proceso.

#### Razones para tener en cuenta los aspectos energéticos

- *El consumo se puede racionalizar y minimizar*

Los gastos energéticos pueden ser muy importantes. La experiencia generalizada muestra que se pueden racionalizar. Es ideal lograr la minimización de los gastos energéticos en la fuente para lograr menos pérdidas y más beneficios. Ello va a incidir directamente en los resultados económicos de la empresa. El uso racional de la energía es una bella oportunidad para obtener beneficios y en el actual entorno económico, ecológico y normativo es además una necesidad e inclusive de supervivencia.

Las pérdidas energéticas pueden ser más importantes de lo que las empresas creen. Es posible que por falta de revisión de los datos y por falta de indicadores, se estén aceptando pérdidas notables como cosa normal. El mero hecho de revisar los datos y de establecer metas e indicadores puede ser suficiente para crear beneficios. El aumento en el nivel de conciencia que ello genera tiene efectos insospechados

- *La minimización de consumos y pérdidas energéticas incide directamente sobre los resultados de la empresa.*

En comparación con otras acciones relacionadas con la economía empresarial, la reducción consumos y de pérdidas energéticas se refleja directamente en el balance final, con resultados que pueden ser muy atractivos y sorprendentes.

- *Las inversiones para lograr las reducciones de consumos y evitar las pérdidas se amortizan en tiempos casi siempre cortos*

Es muy frecuente que las inversiones necesarias para llevar a cabo las buenas prácticas se recuperaren en menos de un año, Con mucha frecuencia ocurre que su puesta en práctica no implica gastos o esfuerzos significativos para la empresa.

- *Manejo de procesos*

Los aspectos energéticos casi siempre van apareados con temas de proceso. Organizar lo energético y lograr buenas prácticas con frecuencia va a significar también mejoras de proceso, mejor control, modernización, racionalización de consumos, menos gastos de materias primas, menos contaminación y mejores condiciones de trabajo para las personas.

#### Hacia un equilibrio que garantice el desarrollo sostenible

- *Siempre hay posibilidad de mejorar y de optimizar. Las pérdidas siempre se pueden reducir.*

La humanidad está bastante lejos de lograr los puntos óptimos o adecuados de consumo y de eficiencia que le permitan llegar a que el desarrollo sea sostenible. Desde que se vienen haciendo acciones para manejar correctamente los temas de la energía, se han logrado avances significativos y esto continúa. Todos pueden contribuir, mediante acciones de mejoramiento continuo, a buscar puntos óptimos de eficiencia y de consumo.

- Existen costos y beneficios ocultos que se deben descubrir, evaluar y considerar cada vez más.



La humanidad ha tratado la energía como un bien barato durante muchos años. Ello ha conducido al despilfarro y al consumismo exagerado, a lo desechable y a la contaminación. Esto ha ocurrido en buena parte porque no se consideran la totalidad de los costos involucrados ni la totalidad de los beneficios que se pueden obtener al trabajar de forma más racional. Hay costos y beneficios intangibles y hay costos y beneficios no considerados. El considerar de forma más integral la situación puede hacer atractivo un programa de buenas prácticas, de reducción de pérdidas y de ahorros energéticos que en apariencia muestre recuperaciones pequeñas de capital invertido. De alguna forma se deben tener en cuenta todos los costos y beneficios que sean posibles.

- *Cada vez más se tendrán que tener en cuenta las externalidades*

Las externalidades se refieren a costos que la empresa no está pagando y que debiera pagar. Son costos que está pagando la sociedad o que no se están cubriendo adecuadamente, de forma que por no considerarlos se está deteriorando el ambiente o se está contribuyendo a situaciones injustas en algún punto de la cadena de producción. Al contar con programas de buenas prácticas, de optimización y de ahorros, se están rebajando estas externalidades, de forma que cuando se internalicen, no tendrán un impacto tan severo sobre la empresa.

- *Programas más racionales y creativos*

Si las empresas actúan solamente como reacción a los estímulos externos, por ejemplo, como respuesta a mayores costos de combustibles, a la existencia de normas o a las presiones de la comunidad o del mercado, de cierta forma actúan de forma reactiva, por impulsos y menos racional. Un programa de buenas prácticas y ahorros ayuda a que la empresa actúe sin presiones, de forma imaginativa, inteligente y creativa, anticipándose, estableciendo nuevas realidades, ejerciendo liderazgo. El utilizar herramientas preventivas y de minimización energética en origen, por ejemplo, es una forma muy rentable de disminuir pérdidas, que se favorece bajo ambientes racionales y creativos.

- *Desarrollo de tecnología*

Existen interesantes potenciales de ganancia en el desarrollo de tecnología, El trabajo creativo en el área energética puede dar origen a ideas propias técnicas que se pueden comercializar o que se pueden involucrar en los procesos.

#### Ideas base de la estrategia

El trabajo de minimización, de buenas prácticas y de ahorros, tiene unas bases simples que garantizan el éxito.

- *La energía obedece a leyes de conservación y no se destruye sino que se transforma.*

La clave para entender las pérdidas de energía son los balances energéticos que aplican las leyes de la conservación de masa y de energía a un sistema. En esencia se calcula la cantidad de energía consumidas en la producción y se resta la energía realmente necesaria para los procesos. La diferencia es la pérdida. Una parte de las pérdidas aparece en las corrientes de salida del proceso, otra parte aparece en forma de pérdidas más difusas. La eficiencia es la relación entre la energía realmente necesaria para el proceso y la energía invertida. El conocer estos datos para cada proceso es vital y hace parte de los programas de buenas prácticas, minimización y ahorro.

- *Todo lo que sucede tiene causas reales. Hay causas más importantes.*

Es importante establecer en la empresa una filosofía y una metodología de búsqueda creativa y racional de las causas verdaderas de una situación. Las pérdidas y las ineficiencias excesivas se originan en causas que se pueden detectar y corregir. Existe tecnología relativamente sencilla que se puede enseñar y que se puede emplear para detectar las causas. Trabajar en esto es un primer requisito para disminuir pérdidas y minimizar consumos. Como las causas reales de la generación de pérdidas y consumos exagerados no son siempre obvias y la explicación de estas causas puede no ser la correcta, se necesita trabajar con unas mínimas bases técnicas, pero también con disciplina, buen análisis, medios experimentales y mediciones, con intuición y con base en objetivos y persistencia para alcanzarlos.

En este proceso es de mucha ayuda entender que hay unas pocas causas más importantes, las cuales son responsables de mayor parte de los efectos. El atacar estas causas primero es lo más adecuado en comparación con enfocarse en muchas causas cuyos efectos no son tan importantes.

- *El control del proceso es muy importante.*

Además de trabajar en la prevención y disminución de pérdidas e ineficiencias, es muy importante enfocar el control del proceso y su conocimiento. Con frecuencia los procesos están fuera de control, o dependen de los trucos y de la buena voluntad de los operadores. El definir adecuadamente los manuales y procedimientos de proceso, el entrenar al personal, el aprovechar sus experiencias, el instrumentar los procesos, el medir sus eficiencias y sus flujos, son formas de control de procesos que se combinan con los programas de buenas prácticas y que conducen a mejoras y a ahorros importantes, tanto en el campo de la energía como en el de la producción.

- *Medir y comunicar son muy importantes para motivar y para mejorar.*

La utilización de indicadores que muestren los logros que resultan de los esfuerzo para minimizar las perdidas energéticas y los consumos y que indiquen los rendimientos de los procesos, es muy importante. Es igualmente muy importante comunicar a todo el personal, de forma sencilla y clara, estos indicadores y estos logros. Ello motiva a las personas para que presten especial atención a los procesos, de forma que puedan reaccionar adecuadamente para prevenir la generación de pérdidas y consumos exagerados. Ello los hace sentirse comprometidos y satisfechos.

- *Hay claras relaciones entre trabajar con eficiencia, con menos pérdidas y con más calidad.*

Un trabajo enfocado en las buenas prácticas energéticas, en el ahorro y en la minimización de pérdidas y consumos requiere ciertos grados de tecnología, de control, de comunicaciones y de atención a los detalles. Estos elementos son típicos de los programas de mejora continua y de calidad. Se pueden obtener, por ejemplo, logros de la calidad y menos producto rechazado en las inspecciones de proceso mediante las mejoras en el control de proceso apareadas típicamente con la minimización de pérdidas y consumos

- *Los empleados apoyan estos procesos*

Las distintas personas de la organización van a tender a apoyar las mejoras en la calidad y las reducciones en energía que se desperdicia. Hoy en día todas las personas tienen preocupaciones crecientes por el medio ambiente y están dispuestas a comprometerse con ideas bien lideradas y prácticas.

#### El punto de partida de la empresa

Las empresas están situadas en distintos niveles en el avance hacia una total optimización de su situación energética. Es importante preguntarse sobre el nivel de conciencia y de acción energética en el que se encuentra la empresa. Los niveles van desde aquel en el cual las empresas no perciben como problema sus pérdidas y consumos exagerados hasta aquel en el cual las empresas han eliminado de manera rigurosa las perdidas energéticas y minimizando consumos en todas las etapas de sus procesos.

La mayor parte de las empresas se encuentran en algún punto a medio camino. Son conscientes en alguna medida de sus pérdidas y consumos y del problema existente, pero aún no tienen conciencia plena de los beneficios que supondría su reducción y ahorro.

La tabla siguiente sugiere cómo se pueden concebir los distintos niveles. Situarse en ellos es importante para decidir el tipo de acciones a emprender.

| Nivel | Descripción  |
|-------|--|
| 1     | No hay conciencia sobre las perdidas y no se ven como problema |

|   |   |
|---|---|
| 2 | Existe conciencia de que las pérdidas dan lugar a costos que se pueden evitar   |
| 3 | Se tiene el propósito o el deseo de reducir las pérdidas de energía   |
| 4 | Se han identificado pérdidas y se trabaja en su manejo y control.   |
| 5 | Se han logrado disminuciones de las pérdidas de energía a medida que se introducen cambios en las forma de trabajar.              |
| 6 | Se están optimizando procesos y se están logrando importantes mejoras y reducciones en costos.                                    |
| 7 | Se ha llegado a puntos en los cuales solamente mediante cambios en la tecnología pueden obtener mejoras sustanciales adicionales. |
| 8 | Se introducen cambios tecnológicos  |
| 9 | Pérdidas totalmente disminuidas o eliminadas (Pérdidas “cero”). Procesos totalmente dominados y optimizados ( Procesos ideales)   |

### El requisito esencial

Las ideas de la empresa están encarnadas en gran medida en la gerencia. Para dar buen curso a un programa de buenas prácticas, de minimización de consumos y de pérdidas energéticas es indispensable contar con el compromiso de la dirección general. Este es un requisito esencial. Debiera ser fácil de obtener, pues todo gerente quiere que su empresa sea más rentable y desea que tenga futuro y que pueda competir con ventajas en un mundo que debe comprometerse con el desarrollo sostenible y respetuoso con las futuras generaciones.

Todo gerente hace cuentas y pide cuentas. La contabilidad energética es un aspecto esencial de la contabilidad empresarial industrial. Por ello es importante establecer el consumo específico.

## **10 ALGUNAS CONSIDERACIONES PRÁCTICAS PROPUESTAS POR EL CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

Esta entidad ha resumido los temas prácticos en unas tablas que facilitan la consulta rápida y que se anexan a continuación. Estos se clasifican en 3 categorías: SIN COSTO y DE BAJO COSTO y se presentan por tema.

| <b>ILUMINACIÓN</b> |              |               |
|--------------------|--------------|---------------|
| <b>SIN COSTO</b>   |              |               |
| <b>OPORTUNIDAD</b> | <b>RAZÓN</b> | <b>ACCIÓN</b> |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>¿Usa lámparas fluorescentes de 26 mm de diámetro?</p>                          | <p>Las lámparas fluorescentes (de 26 mm diámetro) consumen un 10% menos energía y cuestan lo mismo que las de 38 mm.</p>                                | <p>Al cambiar lámparas instale de 26 mm de diámetro.</p>  |
| <p>¿Usa balastos electrónicos?</p>  | <p>Estos balastos consumen un 20% menos de electricidad que los electromagnéticos y pueden manejar de 4 a 8 tubos por balastro.</p>                     | <p>En zonas donde se deban prender más de 4 lámparas cercanas, instale balastos electrónicos.</p>   |
| <p>¿Anima a su personal a que apague la luz al salir de un cuarto o corredor?</p> | <p>Siempre es más barato apagar una luz que dejarla encendida.<br/><br/>Concientizar a personal puede llegar a representar un ahorro hasta del 10%.</p> | <p>Use materiales promocionales (posters, folletos, etc.)<br/><br/>Use las reuniones con el personal como medio de concientización sobre energía.<br/><br/>Realice inspecciones “fuera de las horas de trabajo”</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>¿Ha revisado recientemente el nivel de iluminación en las zonas de trabajo?</p> | <p>Las zonas no críticas (p.e. corredores) con frecuencia están sobre iluminados.</p> <p>En las zonas que necesitan una iluminación mayor (oficinas de diseño, talleres, etc.) ésta se puede reducir en las actividades a deshora (limpieza, etc.).</p> <p>El nivel general de iluminación en las zonas más iluminadas puede ser reducido a un nivel más moderado apoyado por iluminación más intensa para tareas específicas.</p> | <p>Examine los niveles de iluminación en todas las zonas de trabajo, implique al personal en esta actividad.</p> <p>Disminuya la iluminación en zonas no importantes quitando lámparas fluorescentes en las luminarias multitubos o algún punto de luz o sustituyendo luminarias.</p> <p>Para trabajos específicos use luces localizadas</p> |
|--|--|--|

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>¿Está usted aprovechando al máximo la luz que entra por las ventanas?</p> | <p>La mayoría de las personas prefiere trabajar con luz natural.</p> <p>Si la luz natural es adecuada se usará menos luz artificial.</p>    | <p>Compruebe con qué frecuencia y eficiencia se limpian las ventanas; aumente la frecuencia si es necesario.</p> <p>Asegúrese que las persianas están abiertas durante los períodos diurnos, excepto cuando sea necesario controlar la intensidad.</p> <p>Mueva objetos (archivadores, plantas, etc.) que interfieran con la luz natural.</p> <p>Estudie la colocación del personal. Si es posible colóquelos más cerca de las ventanas.</p> |
| <p><b>ILUMINACIÓN</b></p>  |   |  |
| <p>¿Se limpian las luces anualmente?</p>                                     | <p>Los difusores o lámparas sucias reducen enormemente la luz emitida.</p> <p>Esto puede significar que se enciendan más puntos de luz.</p> | <p>Asegúrese que las luminarias se limpian por lo menos una vez al año.</p>  |

**ILUMINACIÓN**

| BAJO COSTO  |  |  |
|---|--|--|
| OPORTUNIDAD   | RAZÓN  | ACCIÓN   |
| Hay suficientes interruptores de luz?                             | - Para mantener los costos de inversión de su instalación bajos, los bancos de luces son generalmente controlados desde un solo interruptor; esto significa que la iluminación de toda la zona esta hecha sobre la base de "todo o nada" | - Instale los interruptores necesarios para mejorar el control independiente de las luminarias individuales o de los grupos de estas. El accionamiento debe realizarse de manera que pueda aprovecharse al máximo la luz natural así como considerando las zonas de trabajo. |
| Se apagan las luces en las zonas que no se usan frecuentemente?   | - Habitualmente se piensa poco en la iluminación de las zonas que no se usan a menudo (por ejemplo, los servicios, guardarropas, almacenes y comedores).   | - Instale detectores de luz infrarrojos pasivos que permiten el control automático de las zonas que no se usan permanentemente (también pueden usarse para controlar el lavado de los orinales y los extractores, haciéndolos más rentables).                                |
| Usa fotoceldas para controlar automáticamente sus luces internas? | - Las fotoceldas regulan de forma automática las luces cuando la luz natural es adecuada.  | - Instale fotoceldas para regular las luces internas cuando la luz natural es adecuada.  |



|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>Reemplaza las bombillas incandescentes normales por lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo?</p> | <p>Las lámparas fluorescentes compactas consumen entre 50 y 80% menos electricidad, duran 12 veces más y reducen los costos de mantenimiento ya que se necesitan cambiar con menos frecuencia.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambie las luces de las bombillas de incandescentes por lámparas fluorescentes de bajo consumo.</li> </ul>   |
| <p>Usa luminarias con tubos fluorescentes gemelos con reflectores de espejo?</p>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quitar un tubo e instalar un reflector de espejo no afectará significativamente el grado de iluminación pero sí producirá un ahorro económico.</li> <li>- Hay disponibles reflectores que se pueden adaptar a muchas de las luminarias más comunes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vale la pena contratar una asesoría técnica.</li> <li>- Compruebe si el nivel de luz es satisfactorio.</li> <li>- Averigüe si hay espejos disponibles para sus luminarias.</li> <li>- Haga pruebas instalando reflectores de espejo en zonas pequeñas.</li> <li>- Compruebe si los nuevos niveles de iluminación son satisfactorios y si no lo son, considere un plan de renovación para todas las luminarias dobles, sustituyéndolas por otras de mayor rendimiento fotométrico (&gt;65%).</li> </ul> |

|             |       |        |
|-------------|-------|--------|
| BAJO COSTO  |       |        |
| OPORTUNIDAD | RAZÓN | ACCIÓN |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>Hay suficientes interruptores de luz?</p>   | <p>- Para mantener los costos de inversión de su instalación bajos, los bancos de luces son generalmente controlados desde un solo interruptor; esto significa que la iluminación de toda la zona esta hecha sobre la base de "todo o nada"</p> | <p>- Instale los interruptores necesarios para mejorar el control independiente de las luminarias individuales o de los grupos de estas. El fraccionamiento debe realizarse de manera que pueda aprovecharse al máximo la luz natural así como considerando las zonas de trabajo.</p> |
| <p>Se apagan las luces en las zonas que no se usan frecuentemente?</p>                                       | <p>- .Habitualmente se piensa poco en la iluminación de las zonas que no se usan a menudo (por ejemplo, los servicios, guardarropas, almacenes y comedores).</p>  | <p>- Instale detectores de luz infrarrojos pasivos que permiten el control automático de las zonas que no se usan permanentemente (también pueden usarse para controlar el lavado de los orinales y los extractores, haciéndolos más rentables).</p>                                  |
| <p>Usa fotoceldas para controlar automáticamente sus luces internas?</p>                                     | <p>- Las fotoceldas regulan de forma automática las luces cuando la luz natural es adecuada.</p>  | <p>- Instale fotoceldas para regular las luces internas cuando la luz natural es adecuada.</p>  |
| <p>Reemplaza las bombillas incandescentes normales por lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo?</p> | <p>- Las lámparas fluorescentes compactas consumen entre 50 y 80% menos electricidad, duran 12 veces más y reducen los costos de mantenimiento ya que se necesitan cambiar con menos frecuencia.</p>  | <p>- Cambie las luces de las bombillas de incandescentes por lámparas fluorescentes de bajo consumo.</p>  |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>Usa luminarias con tubos fluorescentes gemelos con reflectores de espejo?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quitar un tubo e instalar un reflector de espejo no afectará significativamente el grado de iluminación pero sí producirá un ahorro económico.</li> <li>- Hay disponibles reflectores que se pueden adaptar a muchas de las luminarias más comunes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vale la pena contratar una asesoría técnica.</li> <li>- Compruebe si el nivel de luz es satisfactorio.</li> <li>- Averigüe si hay espejos disponibles para sus luminarias.</li> <li>- Haga pruebas instalando reflectores de espejo en zonas pequeñas.</li> <li>- Compruebe si los nuevos niveles de iluminación son satisfactorios y si no lo son, considere un plan de renovación para todas las luminarias dobles, sustituyéndolas por otras de mayor rendimiento fotométrico (&gt;65%).</li> </ul> |
|--|---|---|

| BAJO COSTO   |  |  |
|--|--|--|
| OPORTUNIDAD  | RAZÓN  | ACCIÓN   |
| <p>En los almacenes y otras zonas de techo alto ¿esta usando lámparas de descarga de alta presión?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La iluminación de descarga de alta presión es más eficiente energéticamente que la mayoría de los sistemas fluorescentes. Además supone un ahorro económico.</li> <li>- Las lámparas de alta potencia significan menos luminarias y el abaratamiento en los costos de instalación.</li> <li>- Los sistemas de iluminación de descarga tienen mayor duración, y por lo tanto, los costos de mantenimiento pueden ser reducidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Use lámparas de sodio de alta presión (SON) o de baja presión (SOX) en almacenes y demás zonas de techos altos.</li> <li>- Consulte con un profesional.<br/>Nota: la iluminación SON / SOX necesita tiempo para calentarse antes de dar su potencia total. Generalmente, los colores se aprecian diferente y esto limita el uso en ciertas áreas (imprentas, etc.)</li> </ul> |

| <b>CALDERAS</b>                               |  |  |
|---|--|--|
| <b>BAJO COSTO</b>                             |  |  |
| <b>OPORTUNIDAD</b>                            | <b>RAZÓN</b>   | <b>ACCIÓN</b>  |
| ¿Se revisan periódicamente por profesionales? | <ul style="list-style-type: none"> <li>- El aumento de los depósitos de la combustión disminuye la eficiencia de la caldera.</li> <li>- Una combustión mal ajustada reducirá la eficiencia de la caldera.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las calderas y los quemadores deben ser limpiados y revisados periódicamente por un técnico calificado.</li> <li>- La revisión debe incluir una comprobación de la eficiencia de combustión y el ajuste de la proporción aire / combustible del quemador para obtener la eficiencia óptima.</li> <li>- Indique al técnico que maximice la eficiencia de la caldera y que le presente una hoja de ensayos con los resultados.</li> </ul> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>¿Controla la eficiencia de sus calderas?</p>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los depósitos de la combustión aumentan las temperaturas de los humos en las chimeneas. Esto indica una pérdida de calor importante en la caldera.</li> <li>- Los depósitos calcáreos del agua también pueden causar un aumento de temperatura de los humos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudie instalar un termómetro en la chimenea. La caldera necesita limpiarse cuando la temperatura máxima de los gases en la chimenea aumente más de 40 °C sobre la del registro del último servicio.</li> </ul>  |
| <p>¿Están aisladas todas las tuberías de distribución, válvulas y acoples?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las pérdidas de calor en las tuberías puede reducirse en un 70% aislándolas.</li> <li>- Se pierden cantidades importantes de calor por las válvulas (equivalente a pérdida de calor de tuberías de 1m) y acoples (equivalente a tuberías de 0,5 m).</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccione todas las tuberías, válvulas y acoples en las cercanías de la caldera.</li> <li>- Aísle las tuberías de distribución que no contribuyan a calentar las zonas de trabajo.</li> <li>- Aísle todas las válvulas y acoples (de 50 o más milímetros) con camisas de extracción rápida</li> </ul> |

| <b>EQUIPOS ELÉCTRICOS</b> |       |        |
|---------------------------|-------|--------|
| <b>BAJO COSTO</b>         |       |        |
| OPORTUNIDAD               | RAZÓN | ACCIÓN |
|                           |       |        |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>¿Se apagan los computadores, impresoras y equipos asociados cuando no están en uso?</p>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dejar los computadores encendidos durante períodos largos cuando no se usan es una pérdida de dinero.</li> <li>- Eliminar el calor generado por los computadores cuando están encendidos requiere de ventiladores eléctricos y aumentará el costo del aire acondicionado.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifique los equipos que pueden apagarse cuando no estén en uso.</li> <li>- Use etiquetas verdes y rojas para indicar qué equipos pueden apagarse y cuáles deben dejarse encendidos.</li> <li>- Haga saber al personal que los equipos con etiquetas verdes deben dejarse encendidos cuando no estén en uso.</li> </ul>  |
| <p>¿Se hacen comprobaciones periódicas de la condición de los cierres de los refrigeradores y congeladores?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las juntas desgastadas o rotas aumentan los costos de refrigeración dado que permiten la entrada de aire caliente dentro del espacio refrigerado y la salida del aire frío.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establezca un programa de comprobación periódica de los cierres.</li> <li>- Cambie las juntas de los cierres si muestran señales de desgaste o rotura.</li> </ul>   |
| <p>¿Anima al personal a que apague los equipos eléctricos cuando trabajan al vacío?</p>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La mayoría de los equipos consumen grandes cantidades de energía aunque trabajen al vacío.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe al personal del costo de dejar la maquinaria (cintas transportadoras, prensas, tornos, maquinas herramientas, etc.) funcionando aunque no se necesiten.</li> <li>- Establezca un procedimiento que asegure el apagado de las máquinas en los períodos cuando no se trabaja (almuerzos, hora de la comida, interrupciones en la producción, etc.)</li> </ul> |

| BAJO COSTO  |   |   |
|---|---|---|
| OPORTUNIDAD   | RAZÓN   | ACCIÓN  |
| ¿Se apagan los equipos de soldadura cuando no están en uso?               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los transformadores de los equipos de soldadura de arco usan electricidad aunque no estén soldando.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe las rutinas de los operadores de las soldaduras de arco.</li> <li>- Instruya a los soldadores a que apaguen los transformadores una vez que hayan terminado de soldar.</li> </ul>  |
| ¿Se recargan las baterías de los montacargas eléctricos durante la noche? | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recargar estas baterías durante la noche en la tarifa baja, le ahorra dinero.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe si hay una tarifa nocturna.</li> <li>- Establezca una rutina para recargar estas baterías durante la tarifa barata.</li> <li>- NOTA: Quizás merezca la pena instalar un temporizador para arrancar la recarga al comienzo del período de tarifa baja.</li> </ul> |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>¿Ha comprobado si el aire acondicionado de las salas de los computadores se mantiene a la temperatura correcta?</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muchas salas de computadores se mantienen a temperaturas innecesariamente bajas, lo cual malgasta dinero.</li> <li>- Generalmente es más importante mantener una temperatura estable que una temperatura baja.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe que la temperatura de las salas de computadores se mantiene a 25 0 C.<br/>NOTA: Antes de hacer algún ajuste compruebe las exigencias exactas del sistema.</li> </ul> |
| <p>¿Ha comprobado si los motores trifásicos de más de 5 KW pueden ser cambiados de la conexión delta a la estrella?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si un motor funciona de forma continua a menos del 60% de su carga total, la conexión estrella es más económica.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigue las oportunidades de reconectar los bobinados de los motores a conexión estrella.</li> </ul>  |

| <p style="text-align: center;"><b>AIRE COMPRIMIDO</b></p>             |   |   |
|---|---|---|
| <p style="text-align: center;"><b>SIN COSTO</b></p>                   |   |   |
| <p style="text-align: center;">OPORTUNIDAD</p>                        | <p style="text-align: center;">RAZÓN</p>  | <p style="text-align: center;">ACCIÓN</p>   |
| <p>¿Es consciente su personal del alto costo del aire comprimido?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La producción de aire comprimido es muy cara.</li> <li>- Se necesitan entre 5 y 10 KW para producir un Nm<sup>3</sup> /min., en función del tipo y las características del compresor.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aproveche las reuniones de la empresa para concientizar al personal del alto costo del aire comprimido.</li> <li>- Use materiales promocionales (posters, folletos, etc.) para recordarle al personal que las fugas de aire comprimido despilfarran dinero.</li> </ul> |



|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>¿Tiene implantado un sistema de efectivo para conocer las fugas?</p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las fugas deben ser reparadas rápidamente para minimizar pérdidas y demostrar el compromiso de la empresa en el logro de ahorros.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establezca un sistema para conocer fugas.</li> <li>- Asegúrese que todas las fugas son reparadas inmediatamente.</li> </ul>   |
| <p>Ha implementado un programa periódico de pruebas y reparación de fugas?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las fugas son responsables de la mayor porción de las perdidas (comúnmente, el 40% de todas las perdidas) pero son sencillas de controlar.</li> <li>- Las pérdidas a través de un hueco de 5 mm de diámetro equivalen a perder 120 Nm<sup>3</sup>/h, que suponen a 50 ctvs US Dólares/h.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es más fácil detectar las fugas durante los períodos en los que la demanda de aire es baja.</li> <li>- Durante los periodos tranquilos escuche e intente detectar las fugas y repárelas inmediatamente. Las fugas pequeñas pueden ser detectadas con agua jabonosa. Márquelas y repárelas.</li> <li>- Compruebe todos los empalmes, conectores, medidores y otros equipamientos.</li> <li>- Inspeccione todas las mangueras flexibles.</li> <li>- Compruebe el desgaste de las juntas de los cilindros operados neumáticamente.</li> <li>- Imponga un programa trimestral de pruebas/ reparaciones de fugas.</li> </ul> |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>¿Están las tuberías de aire comprimido que ya no se usan permanentemente aisladas?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las tuberías redundantes son una fuente potencial de fugas importantes.</li> <li>- A menos que se aislen correctamente serán presurizadas al comienzo de cada turno. ¡Pérdida de dinero!</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifique las tuberías redundantes.</li> <li>- Corte permanentemente estas tuberías o quítelas.<br/>Nota: las válvulas aislantes por sí solas no son fiables ya que pueden tener fugas.</li> </ul>   |
| <p>¿Se genera el aire comprimido a la presión mínima exigida?</p>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita más energía para generar aire a una alta presión. ¡si lo genera a una presión menor ahorrará dinero! La presión de generación normal es de 7 atm, pero si una presión de 6 atm es suficiente, se reducirán los costos en un 4%.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe si todos los equipos de aire comprimido pueden trabajar a la presión mínima.<br/><br/>Nota: la presión de algunos compresores puede ser fácilmente ajustada. Si tiene dudas busque ayuda profesional.</li> </ul>                               |
| <p>Si usa pistolas de soplado, ¿están reguladas a la presión recomendada?</p>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se recomienda que las pistolas de soplado no se operen a más de 2 atm.</li> <li>- La reducción de la presión de las pistolas de soplado desde la presión del sistema a la presión de utilización, reducirá sus costos operativos en un 60%.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe la presión de las pistolas de soplado.</li> <li>- Ajuste la presión de las válvulas reguladoras de estas pistolas a un máximo de 2 atm.</li> <li>- Indique claramente en las etiquetas de las pistolas la presión máxima permitida.</li> </ul> |

|             |       |        |
|-------------|-------|--------|
| SIN COSTO   |       |        |
| OPORTUNIDAD | RAZÓN | ACCIÓN |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>¿Se limpian o cambian a menudo los filtros de aire de entrada?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los filtros sucios producen perdidas de aire y malgastan dinero.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establezca un sistema para comprobar los filtros del aire de entrada periódicamente.</li> <li>- Limpie los filtros de elementos reutilizables y cambie los desechables.</li> </ul> |
| <p>¿Se toma directamente el aire desde el exterior?</p>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los compresores trabajan más eficientemente con aire frío. Los costos operativos bajarán por lo menos un 3% se el aire es aspirado fuera del edificio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si es posible haga entradas directas de aire desde el exterior.</li> </ul>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>¿Es el sistema de tratamiento de aire inspeccionado y mantenido periódicamente?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La falta de un mantenimiento correcto y periódico del aire puede aumentar los costos del aire comprimido hasta un 30%.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe que los pre y los post filtros son limpiados o cambiados periódicamente.</li> <li>- Compruebe que las trampas de condensación funcionan correctamente.</li> <li>- Compruebe la eficiencia y condiciones de los secadores y controles de aire.</li> <li>- Compruebe que los intercambiadores de calor estén limpios.</li> </ul> |
|--|--|---|

**BAJO COSTO**

| OPORTUNIDAD  | RAZÓN   | ACCIÓN   |
|--|---|--|
| <p>¿Necesitan todas las zonas que usan aire comprimido la misma presión?</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quizás todo el sistema esté trabajando a alta presión sólo por unas cuantas máquinas.</li> <li>- Reduciendo la presión del sistema en el resto del sistema reducirá el consumo de aire y las fugas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Considere la zonificación del sistema para suministrar aire a alta presión sólo donde haga falta.</li> <li>- Donde sea posible, instale válvulas de reducción de presión para suministrar baja presión al resto del sistema.</li> <li>- costo aprox: 375 US Dólares, por una válvula de 25 mm.</li> </ul> |
| <p>¿Ha cambiado las válvulas de drenaje manual?</p>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las válvulas de drenaje manual son una alternativa poco eficiente para eliminar el agua.</li> <li>- A menudo son operadas durante períodos excesivamente largos o dejadas abiertas permanentemente.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compruebe si todavía se usan válvulas manuales.</li> <li>- Instale y mantenga periódicamente válvulas de drenaje automático. Costo aprox: 75 US Dólares, por válvula.</li> </ul>  |

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Posada, Enrique. *Biética, una visión ética del manejo del medio ambiente*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, 2000
2. Buzan, Tony, con Buzan, Barry. *El Libro de los Mapas Mentales*, Ediciones Urano, Barcelona, España, 1996
3. Guías para el uso racional de energía por procesos en la industria, ANDI EPPP, U.P.B.
4. Operaciones de Transferencia de masa, Robert Treybal.
5. Seminario, Termodinámica Ecología y Teoría de Sistemas, A. Valero. Universidad de Zaragoza.
6. Principios de los procesos químicos. O.A. Hougen, K.M. Watson, R.A. Rogatz, Ed. Reverte 1994
7. Proceso de la Combustión y Metodología para realización de balances de masa y energía de algunos procesos. F.Chejne, A. Hill, CIDI, UPB, 1992 .
8. Eficiencia Producción Limpia Energética Para un Desarrollo Sostenible, E.S. Triana, C.S. Fernández, Fundación Friedich Ebert de Colombia FESCOL, 1996.
9. Introduction to thermodynamics, Richards E. Sonntag and Gordon J. Van Wilen.
10. Luminotecnia, José Ramírez Vazquez.
11. Técnicas Energéticas en la Industria, tomo 4, 9 y 8. Centros de estudio de la energía, Madrid,.1980
12. Eficiencia Térmica y Energética. Ricardo León Márquez M.
13. Principles of Refrigeration, Roy j. Dossat., 1978.
14. PHILPS, Artificial lightning in horticulture, 1987.
15. Manual Docente para el curso sobre “buenas prácticas para el uso racional de la energía en la industria”, Enrique Posada, Octubre de 2002., CNPMLTA - INDISA S.A.

CONVENIO No. 089 DE 2001



Libertad y Orden

Ministerio del Medio Ambiente  
República de Colombia

DIRECCIÓN GENERAL AMBIENTAL SECTORIAL