



Tecnologías Limpias – Eficiencia Energética

Dr. Luis Aarón Martínez
Departamento de
Ciencias Energéticas y Fluídicas
<http://cef.uca.edu.sv>

¿Qué es Energía?

- Es la Capacidad para **CAUSAR CAMBIOS**
- Existe en múltiples formas:
 - Mecánica
 - Electromagnética
 - Química
 - Nuclear
 - Térmica (calor)
- La energía se mide en Joules (J), kWh, Btu, kCal
- La energía puede cambiar de forma, pero la cantidad de energía se **CONSERVA**.



¿Qué es Potencia?

Es la rapidez a la cual se genera o consume energía.

- Se mide en Joules entre segundo (J/s), también llamados Watts (W).
- Ejemplo:





Un foco de 100 Watts consume 100 Joules de energía cada segundo.



Un microondas de 3,000 Watts consume 3,000 Joules de energía cada segundo.



Potencia y Energía

	Potencia	Energía
 <p>250W 250W 250W 250W 1 hora operación</p>	1000 W = 1KW	1000 Wh = 1KWh
 <p>250 W 4 horas operación</p>	250 W = 0.25KW	1000 Wh = 1KWh



¿Cómo se puede ahorrar energía?

Conservación de la Energía: Utilizando los equipos/instalaciones de forma racional a modo de evitar desperdicios de energía.

Eficiencia Energética: Seleccionando equipos/instalaciones que consuman menos energía y produzcan iguales resultados.

En ambos casos se ahorra energía sin afectar la productividad.

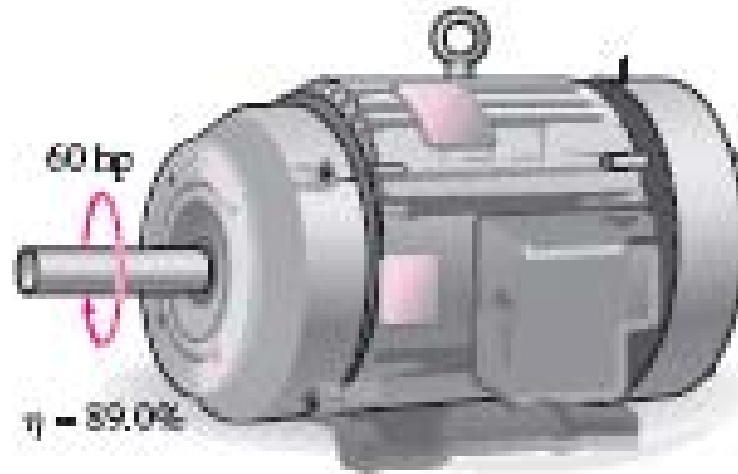


Eficiencia Energética

$$Eficiencia = \frac{Salida \cdot Deseada}{Entrada \cdot Requerida}$$



Ejemplo 1: Motor Eléctrico



Standard Motor



Ejemplo 2: Cocina Eléctrica

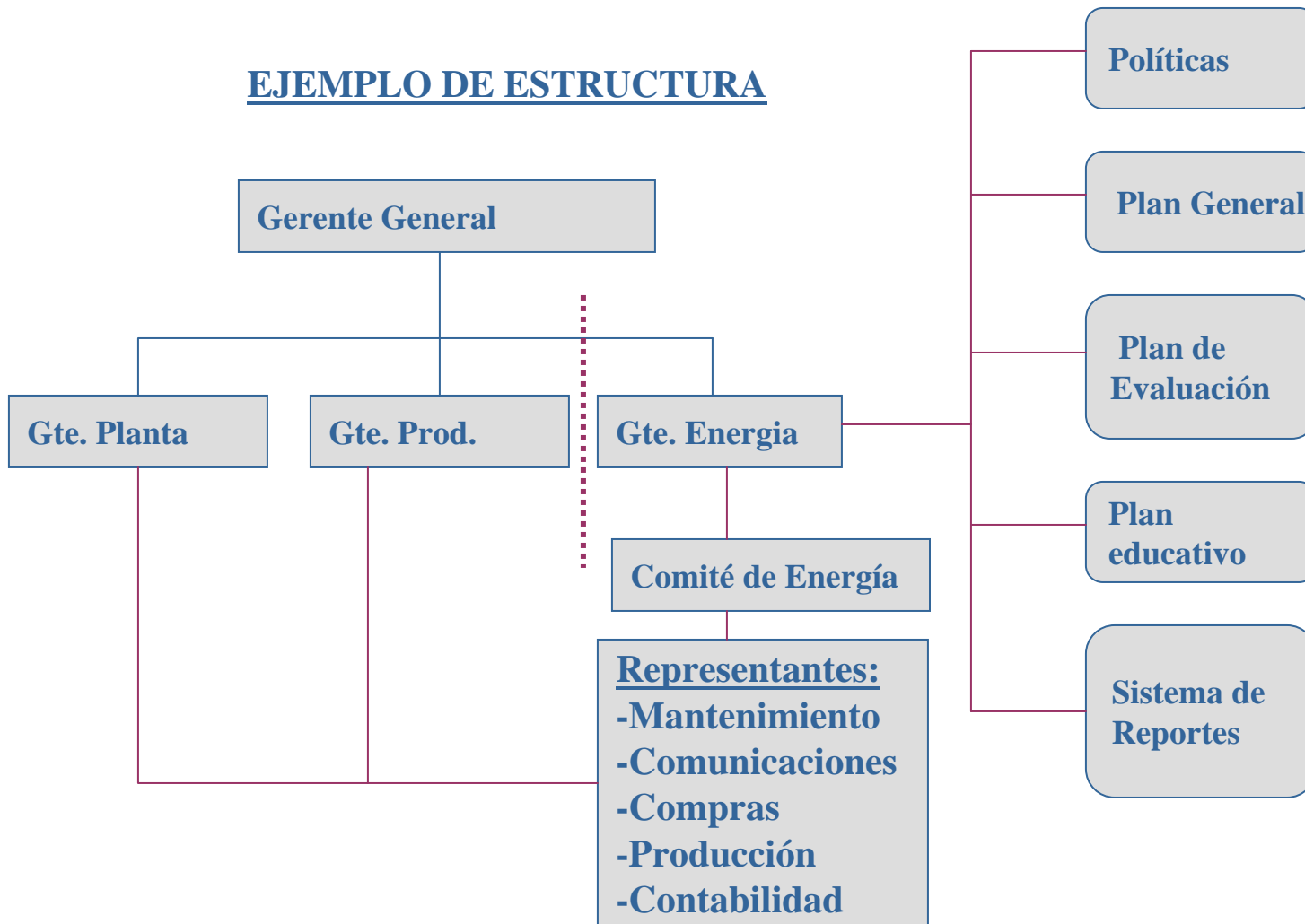


Administración de la Energía

Las organizaciones pueden administrar la energía de forma similar a como se administra las finanzas o el personal, pero se requiere una estructura y recursos.



EJEMPLO DE ESTRUCTURA

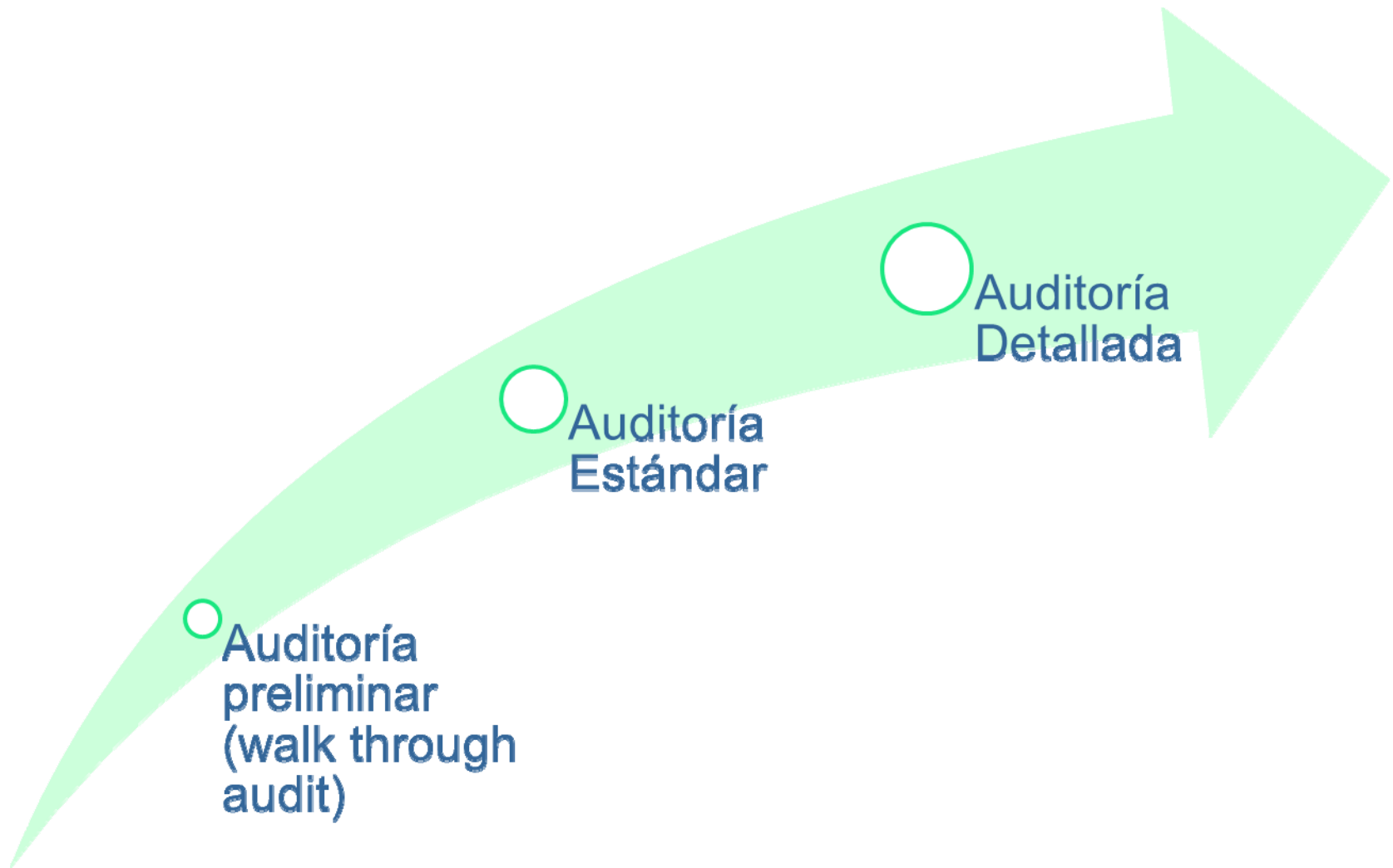


Auditoría Energética

Una auditoría energética es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el fin de reducir la cantidad de energía de entrada al sistema y costos, sin afectar negativamente la productividad.



Tipos de Auditoría Energética



Tecnologías Limpias

Iluminación

Motores Eléctricos

Sistemas de Vapor

Aire Comprimido

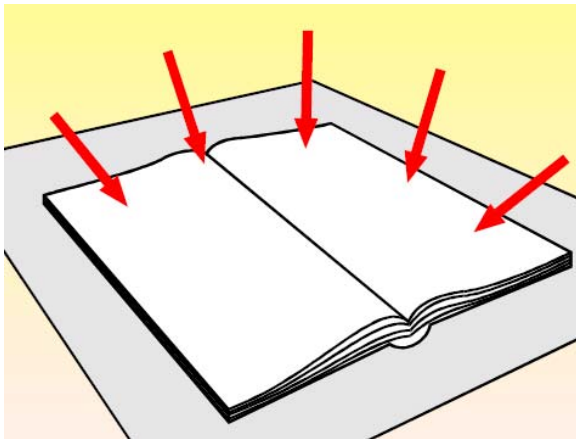
Aire Acondicionado



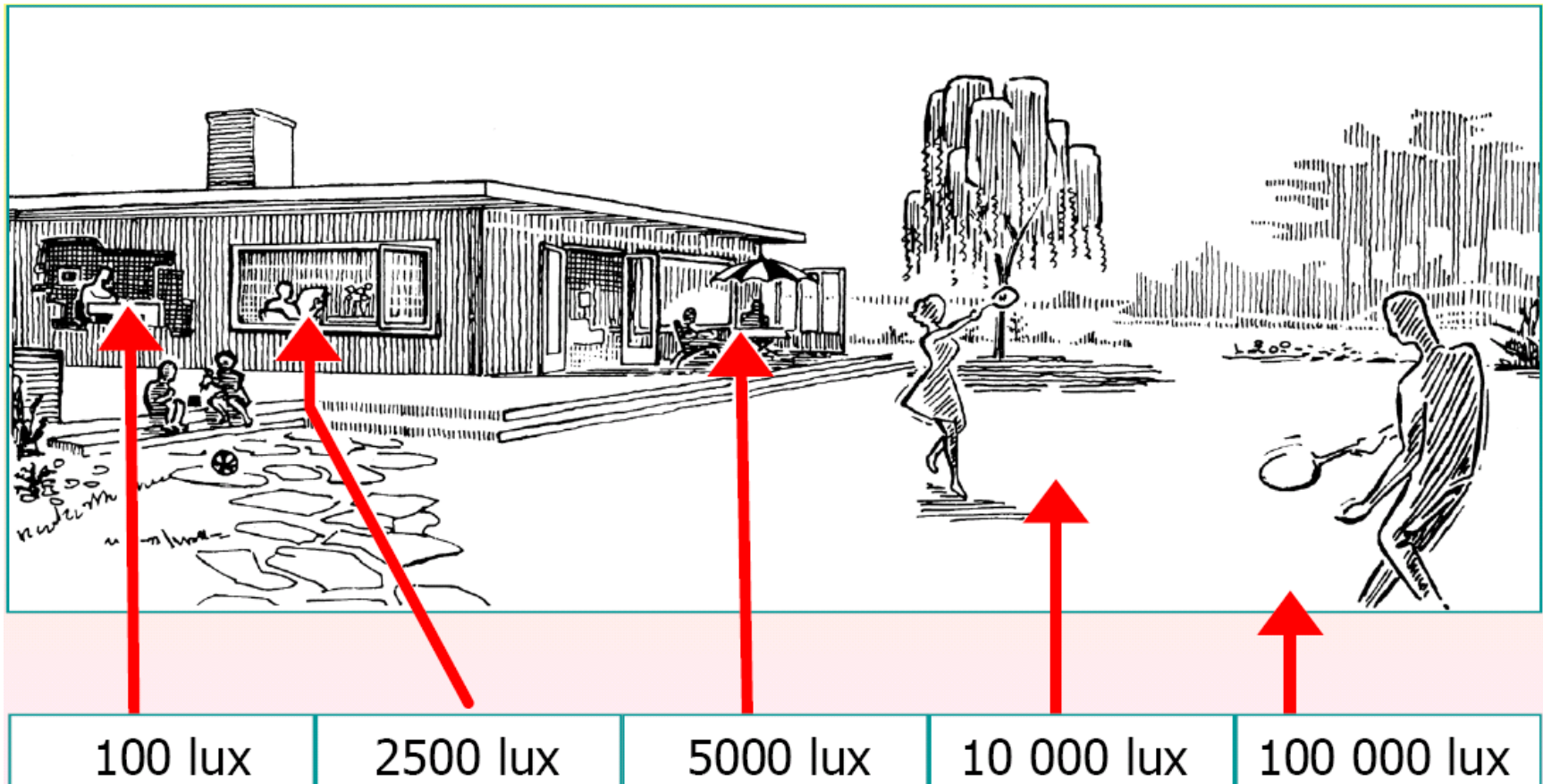
Iluminancia

- Es el flujo luminoso incidente sobre una superficie de área determinada
- Determina la cantidad de luz que recibe una superficie
- Se mide en Lumens/m² (Lux) o pie-candelas (foot-candles)

$$1 \text{ fc} = 10.7639 \text{ lux}$$



Niveles Típicos de Iluminación en Interiores y Exteriores (En un Día Soleado)



Niveles Recomendados de Iluminación (Ejemplo)

Tabla 2 Escala de Iluminación Recomendada		
Tipo	Iluminación Recomendada sobre el Plano de Trabajo (Lux)	Ejemplo de zonas o actividades
Alumbrado general en locales y zonas de uso frecuente o tareas visuales ocasionales	20 - 50	Escaleras, pasillos
	100	Restaurantes, cafés y bares (área de comedor)
	150	Zonas de circulación en industrias y bodegas
	100	Museos, alumbrado general
Alumbrado general en locales de trabajo	200	Iluminación mínima en servicios de tarea visual
	300	Trabajos manuales y a máquina. Lectura ocasional y archivo
	500	Montaje de automóviles. Naves de imprentas Oficinas en general, almacenes y tiendas
	750	Salas de lectura, salas de dibujo y oficinas con máquinas de contabilidad
Alumbrado adicional localizado para tareas visuales exigentes	>2000	Trabajos minuciosos y muy precisos; p. Ej. Relojería y grabados; salas de quirófanos

Referirse a la norma europea

UNE-EN 12464-1:2003



Tecnologías de Iluminación

- **Incandescente**
- **LED**
- **De Descarga**
 - **Baja Presión**
 - **Fluorescentes**
 - **Sodio de Baja Presión**
 - **Inducción Electromagnética**
 - **Alta Presión (HID)**
 - **Mercurio**
 - **Sodio**
 - **Haluro metálico**



Eficacia Luminosa

$$\varepsilon = \frac{\text{Cantidad de luz emitida (Lumens)}}{\text{Potencia requerida (Watts)}}$$

Límite Teórico: 683 LPW

Laboratorio: 275–310 LPW

Mercado: T5 fluorescente con balasto electrónico: 100 LPW

Lámparas de sodio alta presión: 130 LPW

Algunas tecnologías LED 150 lm/Watt



Comparación de eficacias luminosas

Light Source	Typical Luminous Efficacy Range in lm/W (varies depending on wattage and lamp type)
Incandescent (no ballast)	10-18
Halogen (no ballast)	15-20
Compact fluorescent (CFL) (incl. ballast)	35-60
Linear fluorescent (incl. ballast)	50-100
Metal halide (incl. ballast)	50-90
Cool white LED >4000K (incl. driver)	60-92*
Warm white LED <4000K (incl. driver)	27-54*

*As of Spring 2009



Lámparas Fluorescentes Compactas



Reemplace este Incandescente ...	Con este CFL...
25 W	7 W
40 W	11 W
60 W	13 W
75 W	19 W
100 W	23 W
100+ W	27 W



Controles de Iluminación

- **Interruptores**
- **Timers programables**
- **Sensores de Ocupación (20-40% ahorros)**
- **Fotoceldas (30-40% ahorros en perímetros)**
- **Atenuadores (Dimmers)**
- **Controladores Programables**



Sensores de Ocupación

- Existen tres tecnologías

Passive Infrared
(PIR)



**Line of sight detection.
Highly immune to false
detection.**

Ultrasonic



**Non-line of sight detection.
Responds to any motion**

Dual Technology
(PIR/Ultrasonic)



**Non-line of sight detection
Highly immune to false
detection.**





Oportunidades de Eficiencia Energética en Motores Eléctricos

Motores de alta eficiencia y motores Premium

- **Hasta los 70s la tendencia era diseñar motores ineficientes de bajo costo**
- **Aumento de precios de energía forzó a fabricantes a aumentar la eficiencia**
- **1997, EAct, estándares obligatorios para motores**
- **Motores Premium son de 2 a 4% más eficientes que motores que cumplen EAct**
- **Motores Premium cuestan de 15-25% más que motores estándar**



Motores rebobinados

- Cuando el motor falla, una opción es rebobinar el motor
- A excepción de motores grandes con pocas horas de utilización, típicamente es más económico reemplazar el motor por un motor Premium
- En promedio la eficiencia del motor disminuye un 1% cada vez que el motor es rebobinado (motores más de 40 hp) y 2% para motores pequeños



Control de Velocidad de motores

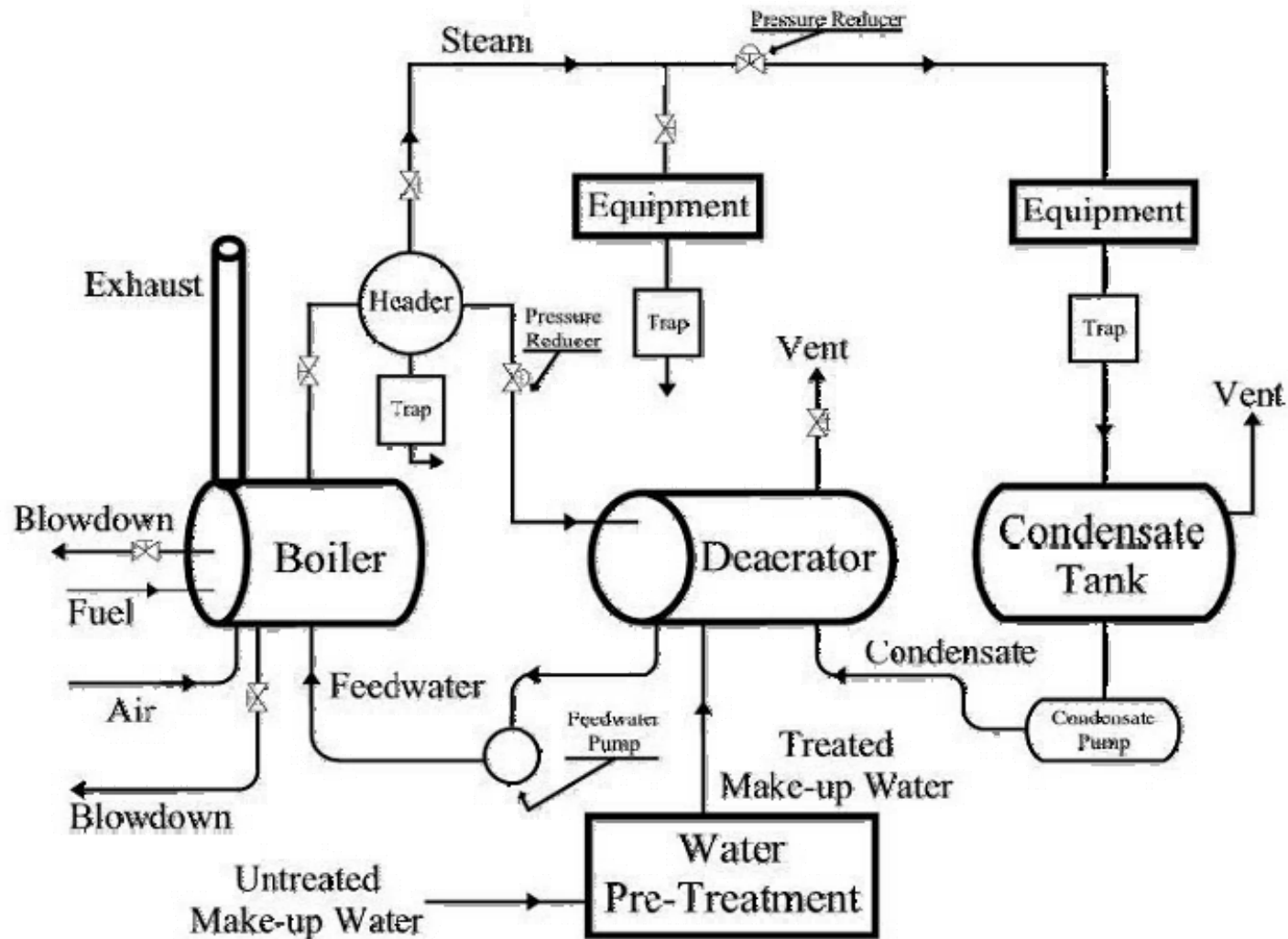
- Los motores AC de inducción son motores de velocidad constante
- Muchas aplicaciones requieren velocidad variable (bombas, ventiladores, compresores)
- La potencia mecánica requerida por bombas, ventiladores, compresores, varía con el cubo del flujo másico de fluido
- Métodos mecánicos de control de flujo son ineficientes (válvulas, dampers, paletas)





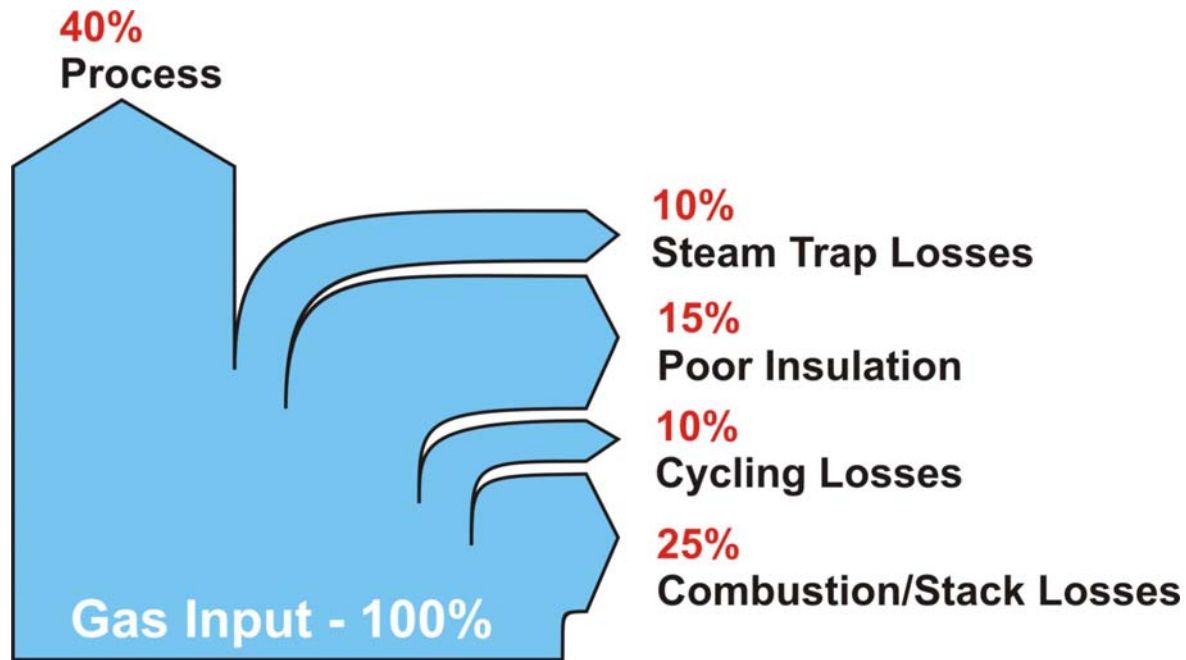
Oportunidades de Eficiencia Energética en Sistemas de Vapor

Esquema de Sistema de Vapor



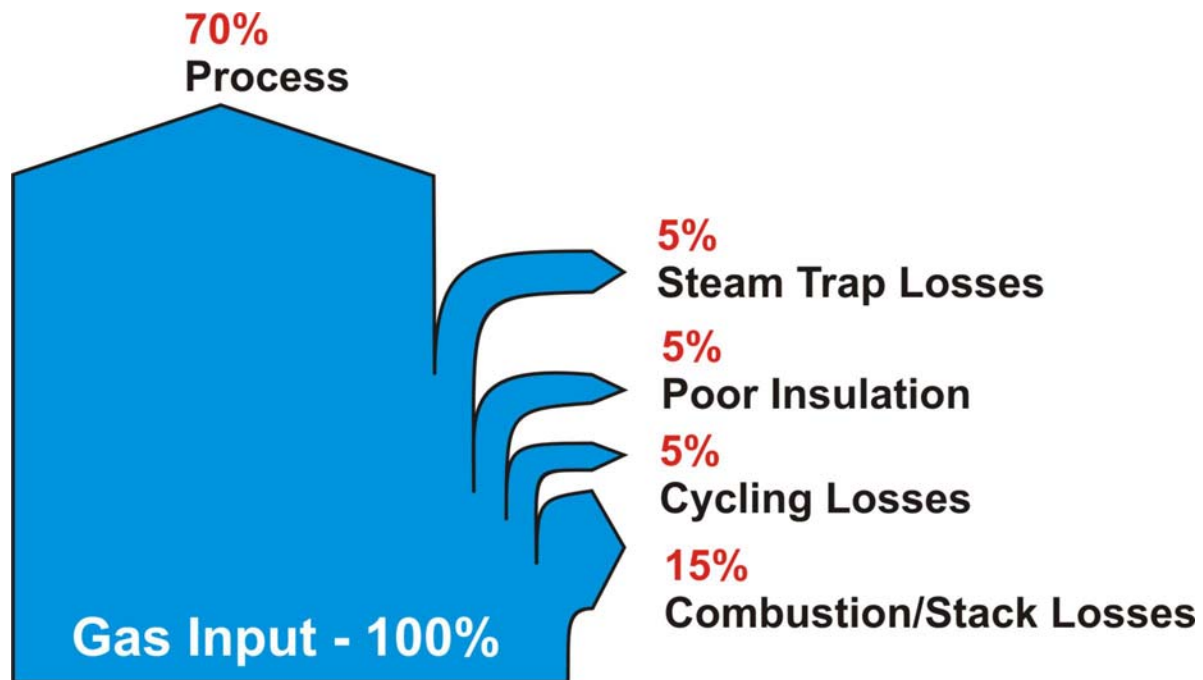
Por qué hacer cambios?

INEFFICIENT STEAM SYSTEM



Por qué hacer cambios?

EFFICIENT STEAM SYSTEM



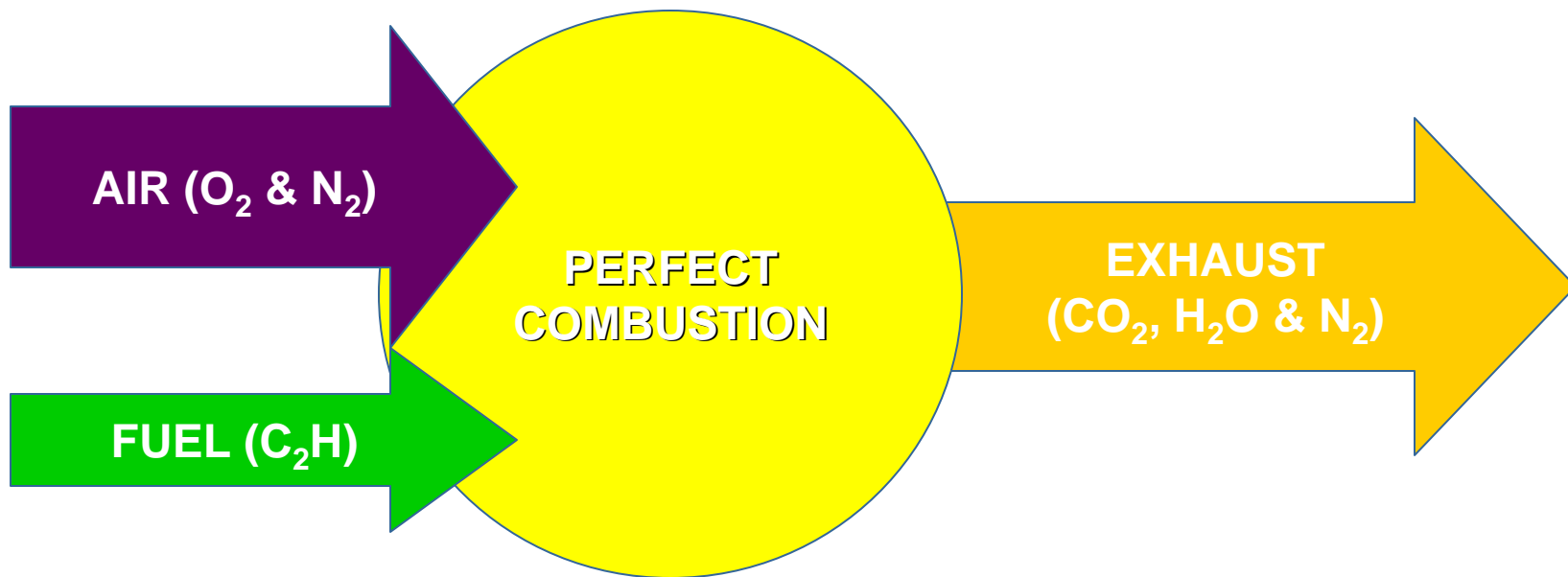
Áreas comunes de problemas

- **Relación incorrecta de aire/combustible
→ ineficiencia de combustión**
- **Falta de aislamiento térmico**
- **Insuficiente mantenimiento de trampas**
- **Fugas de vapor**
- **No se recupera el calor**
- **Tratamiento insuficiente del
agua/problemas de purga (blowdown)**
- **Frecuente ciclado de la caldera**



Relación Aire/Combustible – Eficiencia de Combustión

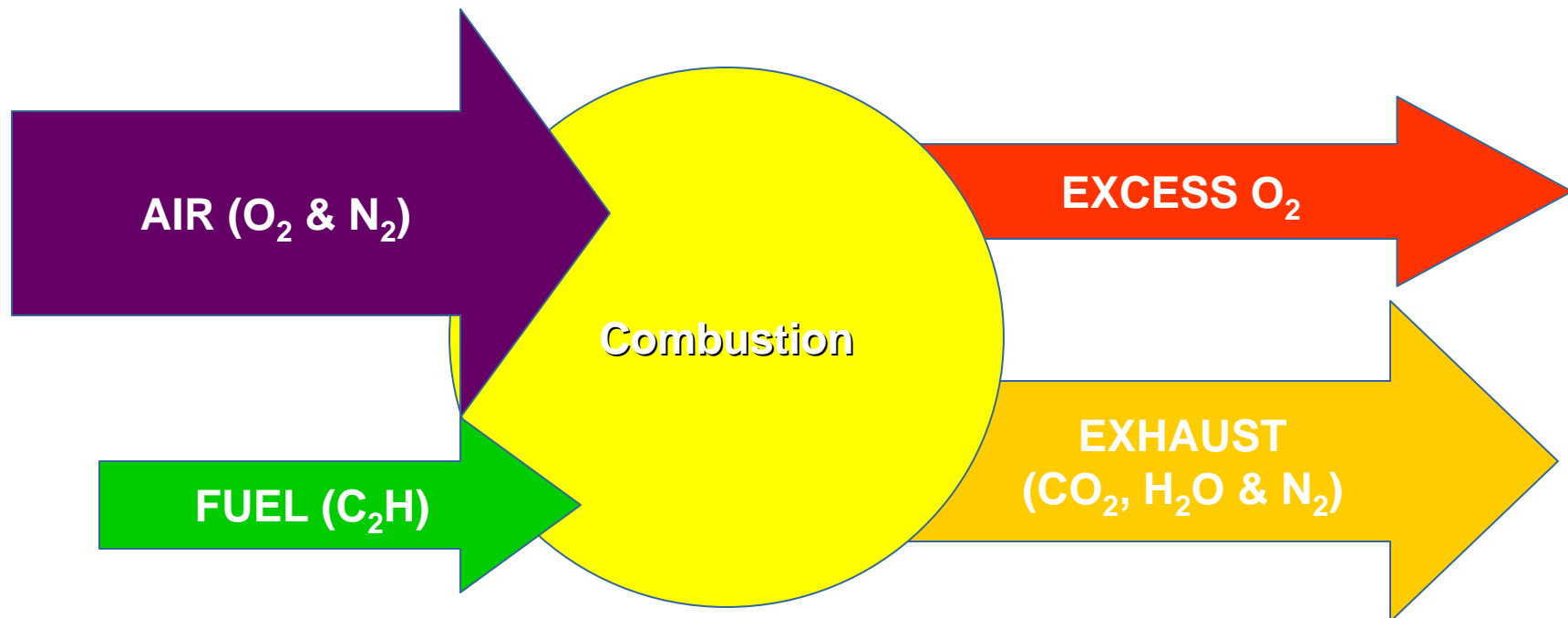
- En teoría. . .



Relación Aire/Combustible – Eficiencia de Combustión

- **En la realidad. . .**

- ❖ Se introduce exceso de aire para prevenir combustión incompleta



- ❖ *El oxígeno extra se lleva calor de la caldera*



Aislamiento Térmico

- Falta de aislamiento térmico → Pérdidas de calor innecesarias
- Aislamiento húmedo → pérdida de calor

Steam Pressure (psig)	Pipe Diameter (inches)	Bare Pipe Losses (Btu/ft/hr)	1.5" Insulated Loss (Btu/ft/hr)	Annual Savings per 100 ft*
150	4	1,050	88	\$4,941
150	2	580	57	\$2,729
100	4	903	78	\$4,249
100	2	499	50	\$2,339
50	4	699	62	\$3,289
50	2	387	39	\$1,821

❖ Las líneas de retorno de condensado necesitan aislamiento también.

❖ 3E Plus disponible en www.pipeinsulation.org

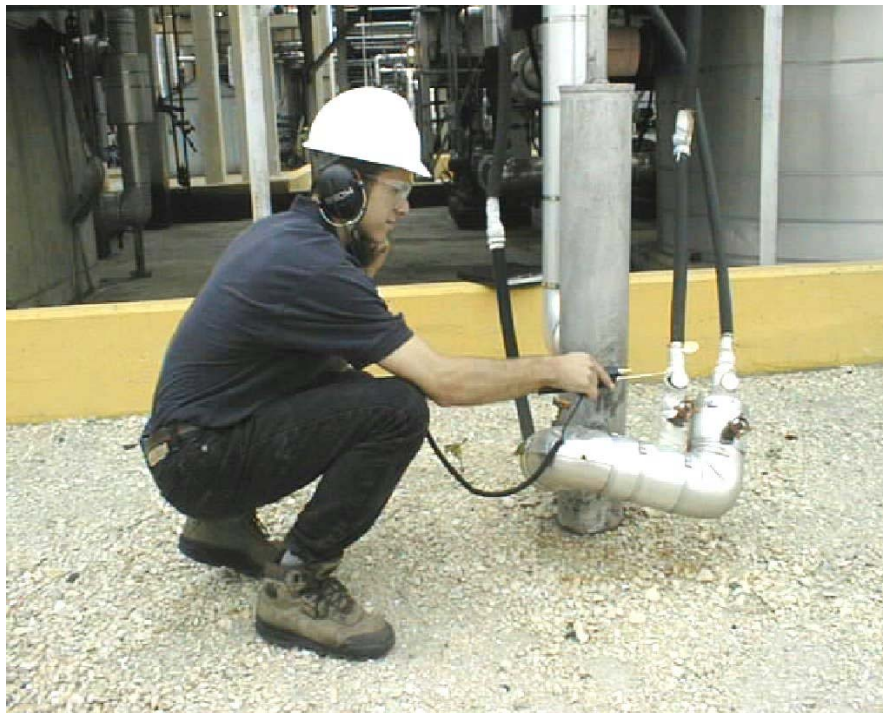
*Basado en 8,000 horas de operación, eficiencia de caldera 85%, aislamiento de fibra mineral.



Trampas de Vapor

→GO TO→Supplemental Steam Trap Info

Esperar de un 15% a 30% de fallas cada 3 a 5 años
Fácilmente verificables usando equipo ultrasónico



US DOE – Industries of the Future Workshop Series



Fugas de Vapor

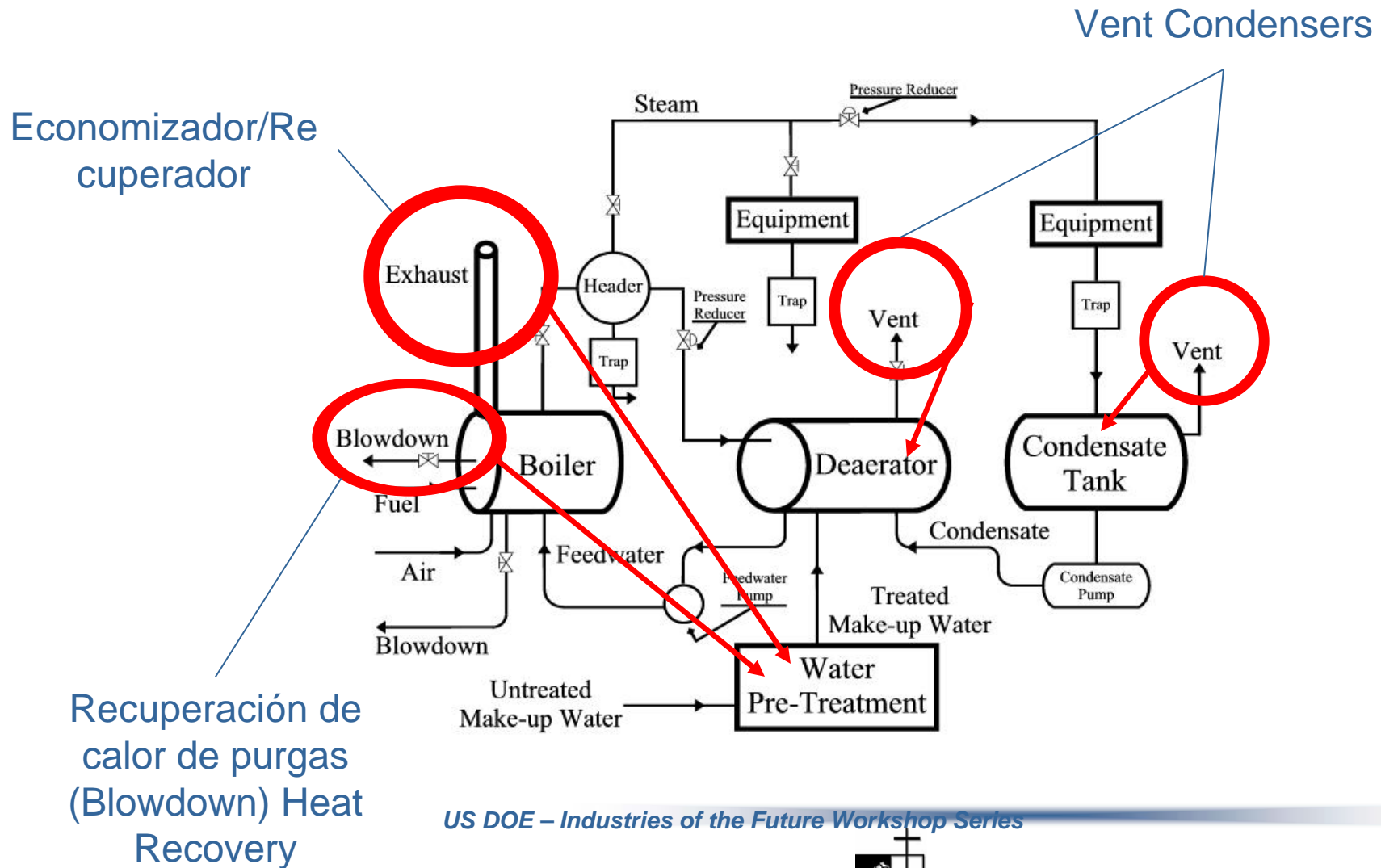
- Fáciles de encontrar
- Difíciles de resolver



US DOE – Industries of the Future Workshop Series

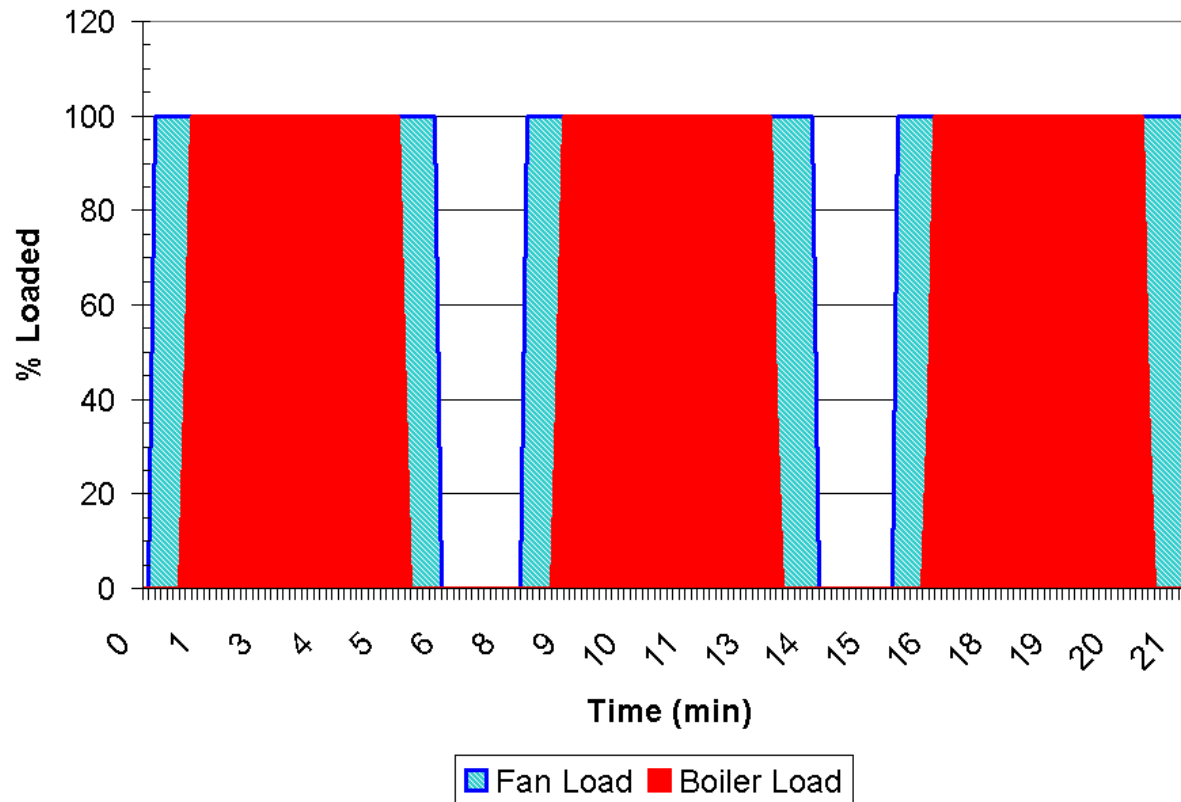


Opciones de recuperación de calor



Corto Ciclado de Calderas

– Ilustración de corto ciclado en caldera típica :

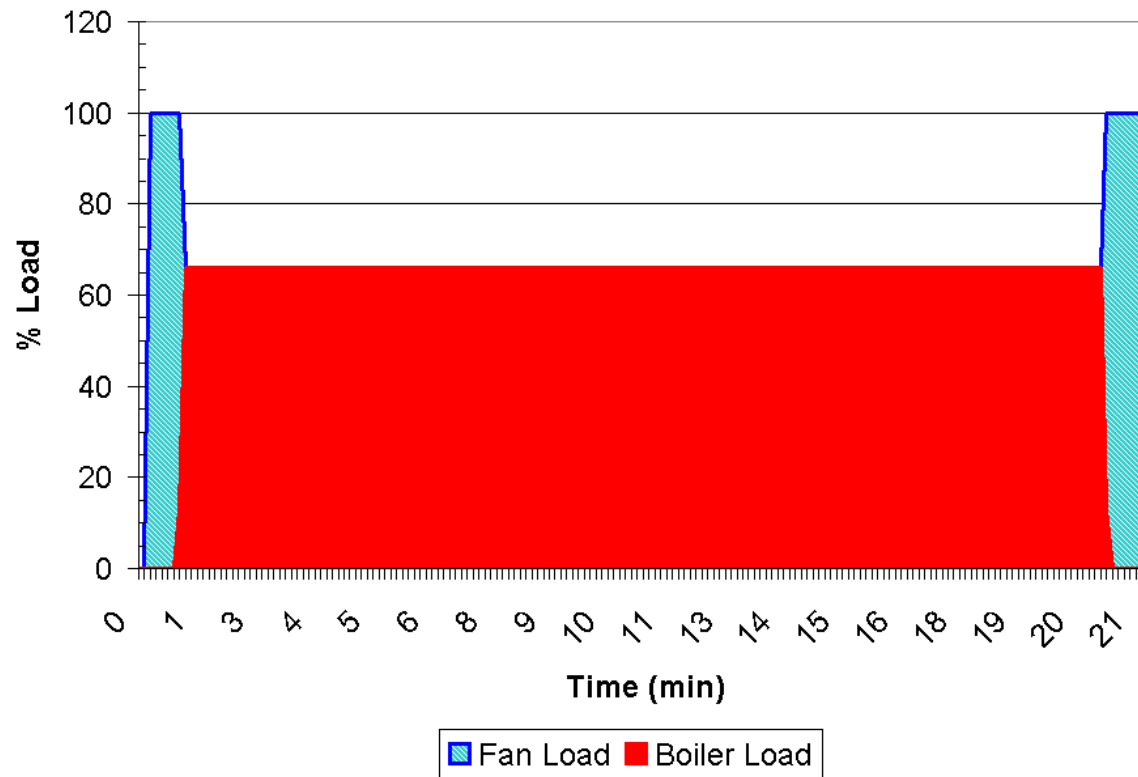


Las zonas azules representan energía que será desperdiciada mientras la caldera no está quemando sino que los ventiladores esán en pre-purga o post-purga



Corto Ciclado de Calderas

- Ilustración de un ciclo mejorado:

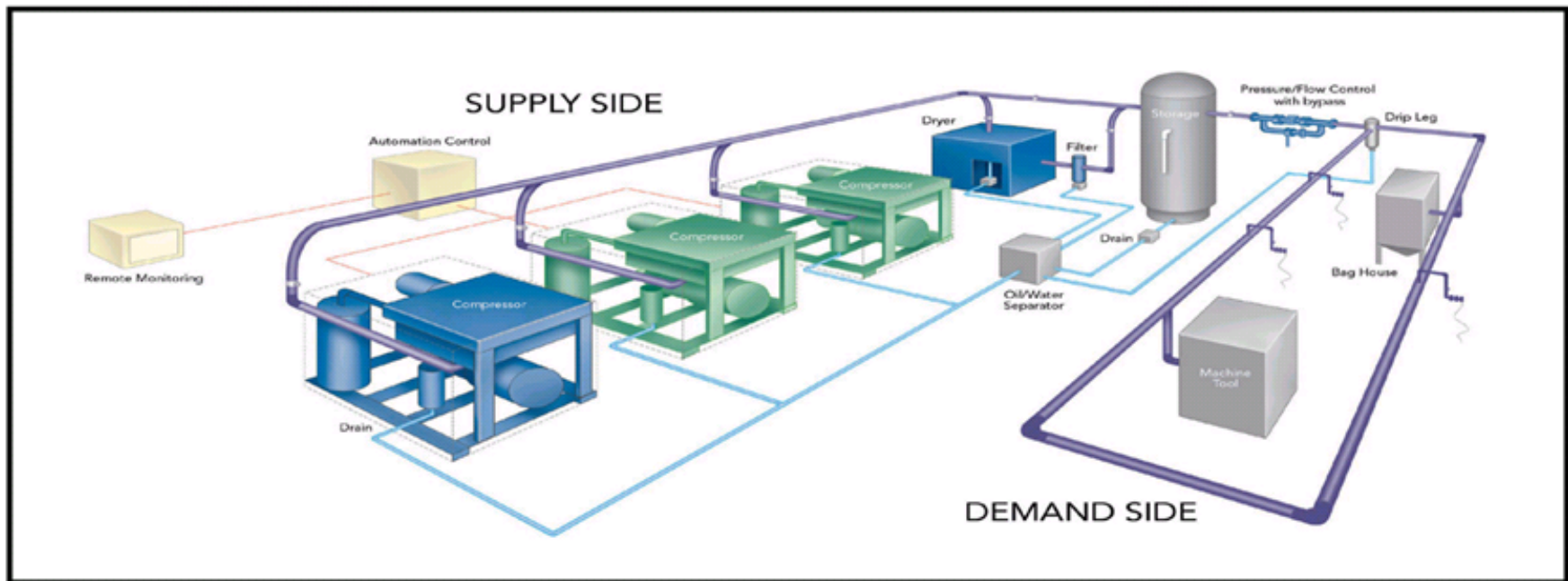


Note la reducción de energía al eliminar el corto ciclado



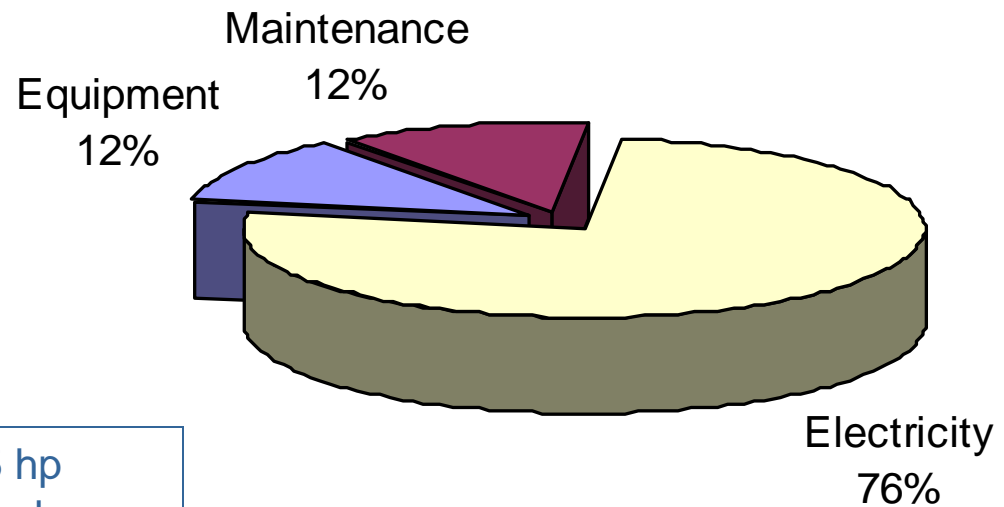


Oportunidades de Eficiencia Energética en Aire Comprimido



Costos de operación vs. Costo inicial

Vida útil típica de 10 años



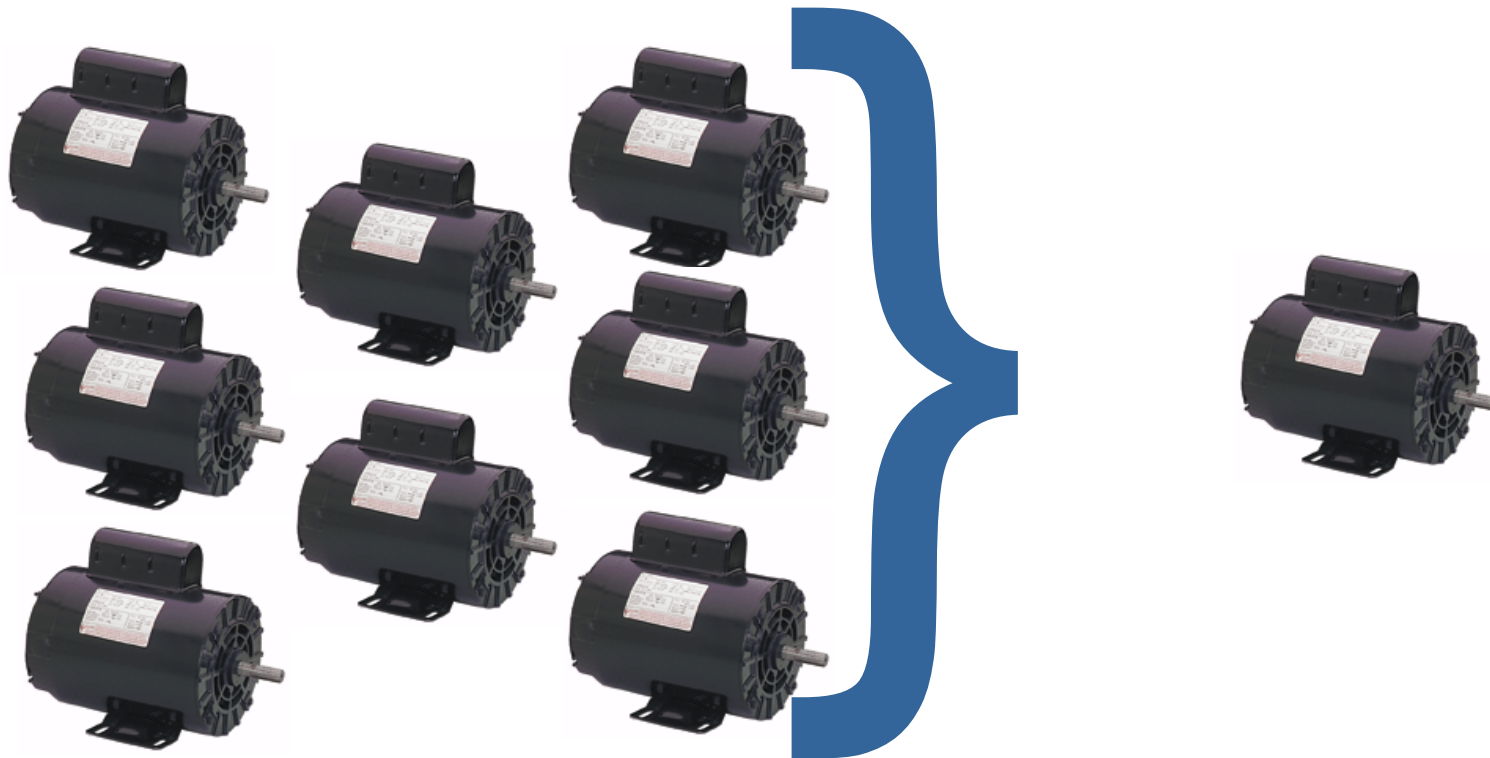
Se asume un compresor de 75 hp operado en dos turnos, 5 días a la semana a una tasa de \$0.05/kWh durante 10 años de operación

Source: US Dept of Energy, Office of Industrial Technologies: Compressed Air Tip sheet #1.
http://www.oit.doe.gov/bestpractices/pdfs/compressed_air1.pdf



Eficiencia energética del aire comprimido

- Fuente de conversión de energía ineficiente aún si es bien mantenido



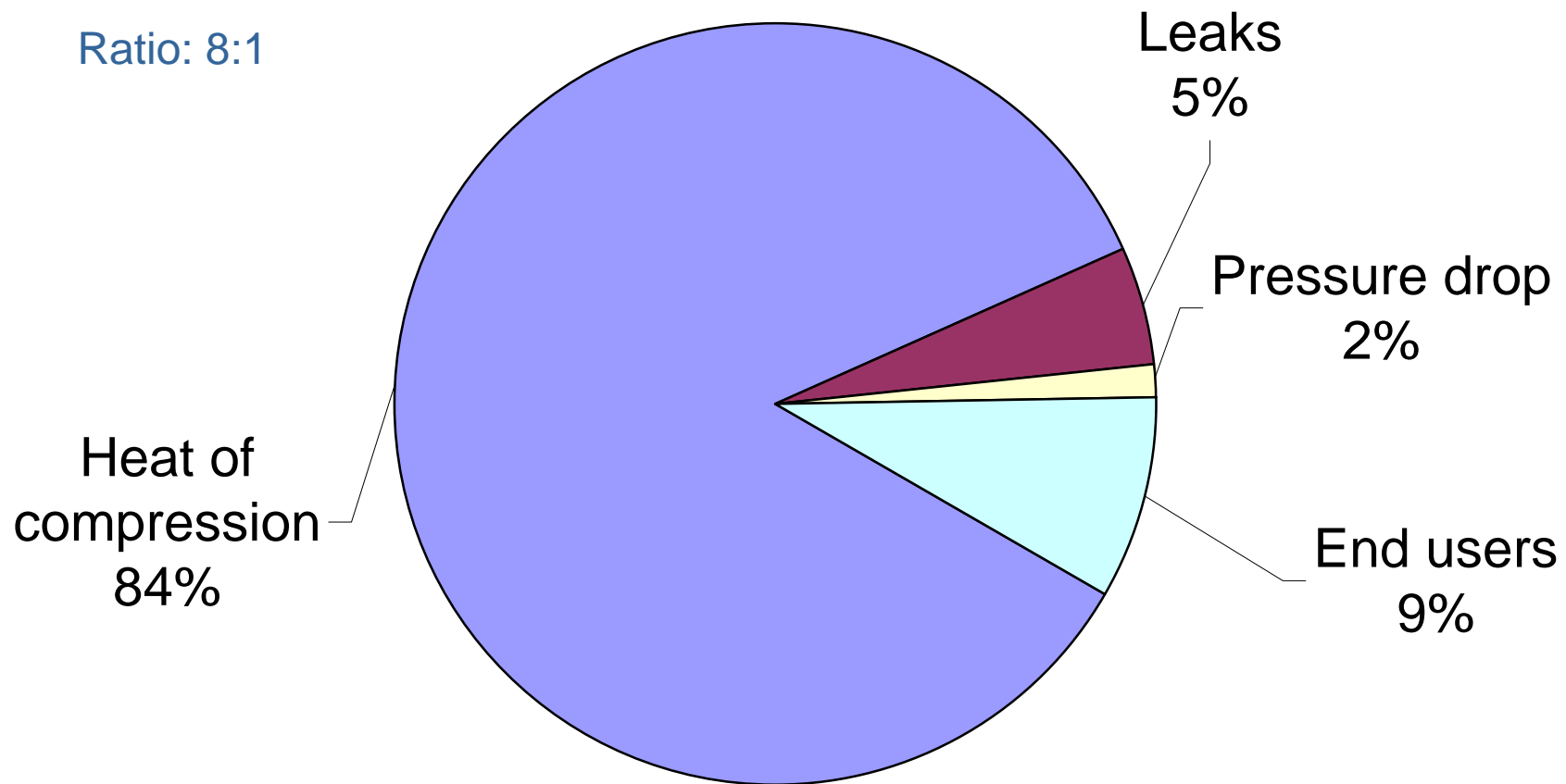
Ocho hp de potencia de compresor

resulta en . . .

Un hp de potencia de aire comprimido



Eficiencia energética del aire comprimido



Pasos para evaluar un sistema de aire comprimido

- **Determinar los costos del aire**
- **Detectar fugas de aire**
- **Reemplazar todos los filtros sucios por filtros de alta eficiencia**
- **Definir las estrategias de control más adecuadas**
 - **Compresores base – Control modular**
 - **Compresores carga parcial – Control carga/no carga**
- **Presión**
- **Resolver problemas de usos inapropiados**
- **Verificar que el almacenamiento es el adecuado (>3 gal/cfm)**



Equivocaciones comunes

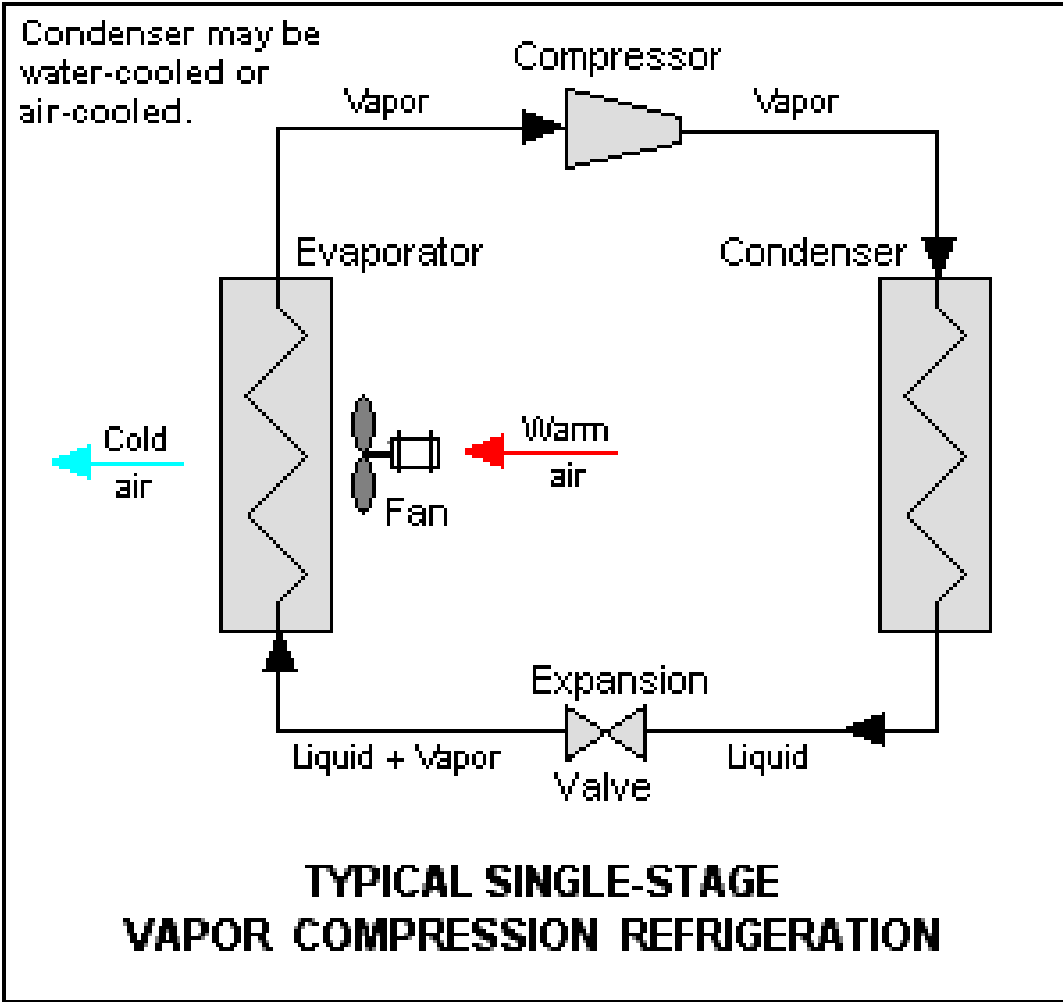
- **Operar a presiones demasiado altas**
- **Más alta presión = más aire**
- **Agregar compresores para combatir problemas de presión**
- **Tuberías o tanques de almacenamiento inadecuados**





Oportunidades de Eficiencia Energética en Aire Acondicionado

Componentes de un Sistema de Aire Acondicionado



La Relación de Eficiencia Energética

$$\text{R.E.E.} = \frac{\text{Calor evaporador (BTU/h)}}{\text{Trabajo del compresor (Watt)}}$$

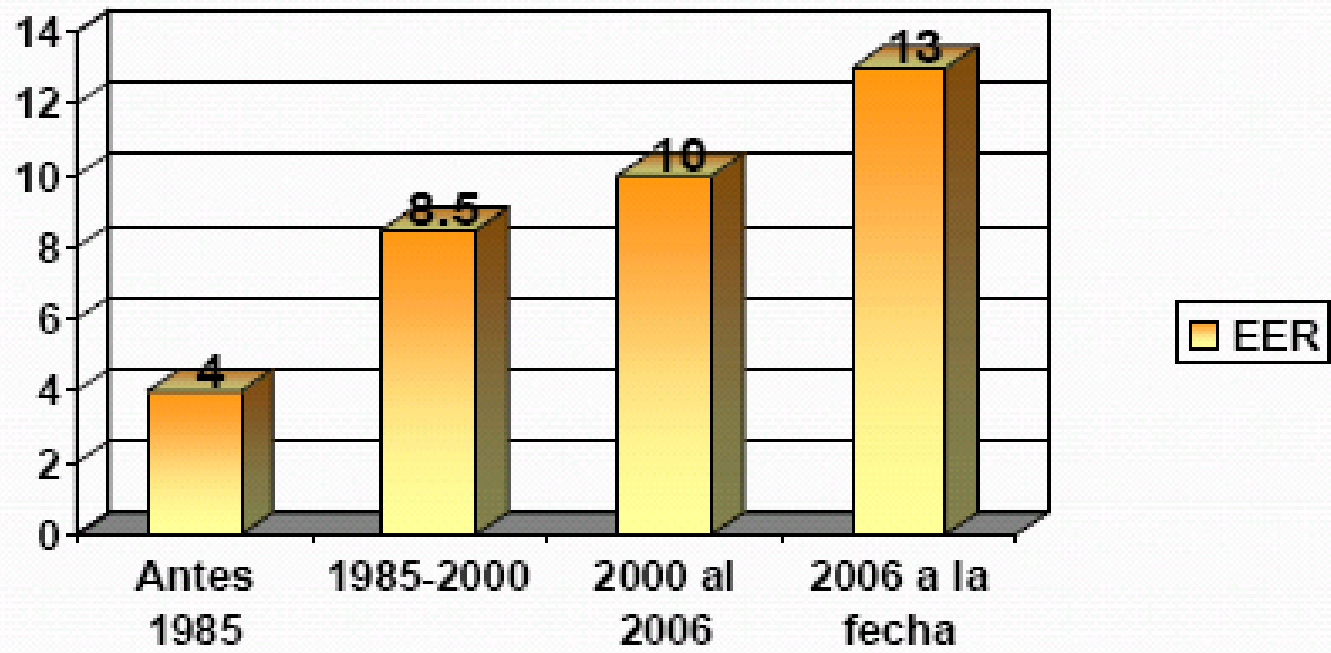
- **También llamado EER: Energy Efficiency Ratio**
- **En algunos países, el EER se calcula en Watts, en lugar de Btu/h**
 - Hay que verificar en el manual del equipo con qué unidades se ha realizado el cálculo.



La Relación de Eficiencia Energética

- **Permite calcular el consumo de energía eléctrica cuando el equipo opera de manera estable:**
 - **Un equipo con $EER = 8$, consumirá 1.5 kW por cada tonelada de enfriamiento.**
 - **Un equipo con $EER = 10$, consumirá 1.2 kW**





CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD DE AHORRO

Estrategias de operación

- Temperatura de Confort
- Administración de la Demanda
- Uso de Variadores de Frecuencia

Rendimiento del equipo

- Sustitución del equipo
- Mantenimiento
- Mejoras al ciclo de refrigeración

Disminución de ganancias de calor

- Disminuir ganancias de calor por elementos arquitectónicos.
- Reducir las cargas térmicas en el interior de las áreas acondicionadas



Rendimiento del Equipo

Sustitución del equipo

La sustitución del equipo es una medida muy rentable, cuando se observan las siguientes condiciones:

- El equipo es de baja eficiencia
- La eficiencia del equipo se encuentra depreciada por antigüedad y/o daños sufridos.
- El equipo es de uso intensivo.

Con frecuencia con la sola presencia de una de estas condiciones basta para que la medida sea rentable.



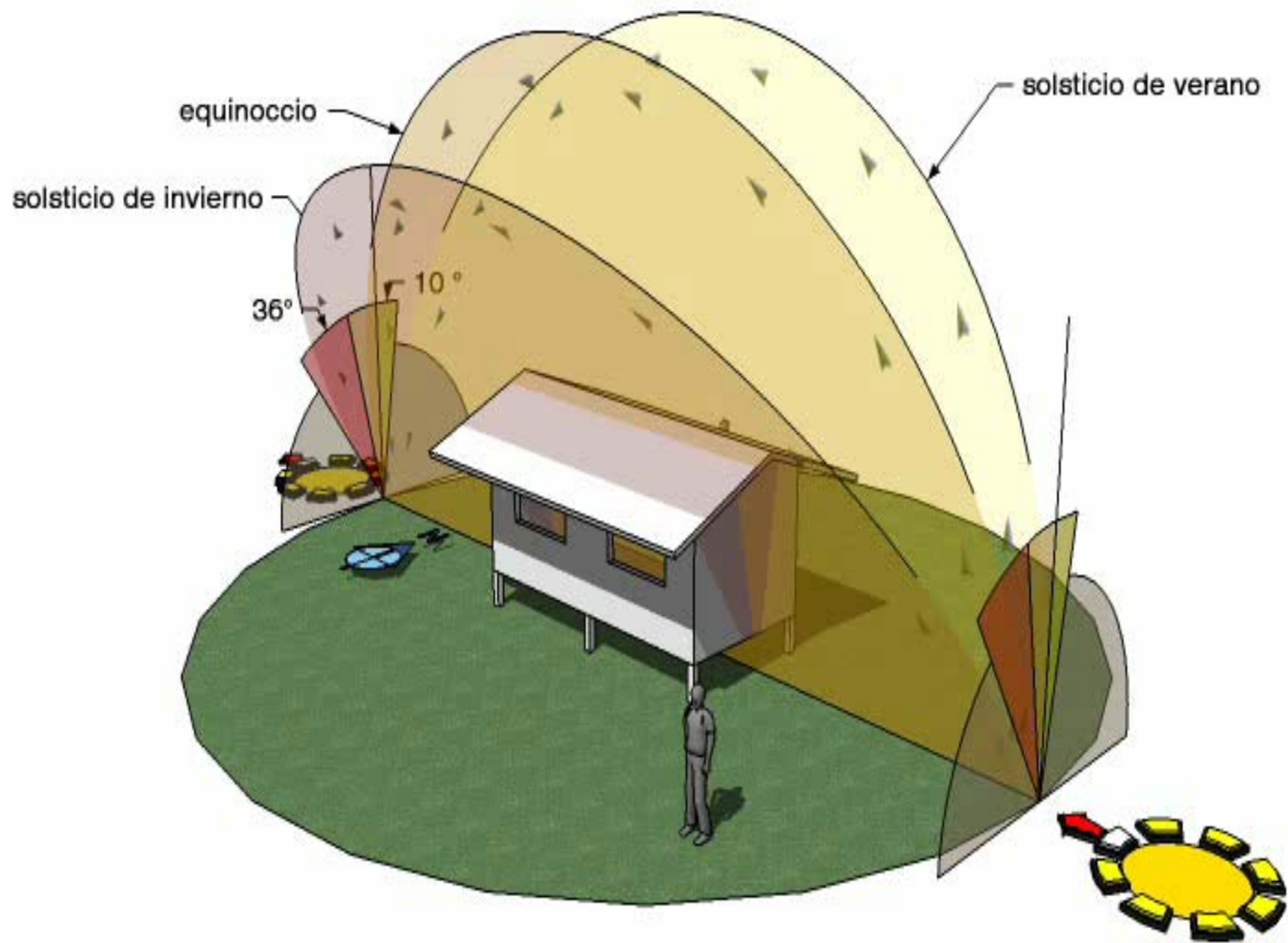
Disminución de Ganancias de Calor

Elementos arquitectónicos.

Medidas recomendadas:

- Colocar materiales aislantes en muros y techos
- Aplicar acabados reflectivos en muros y techos
- Instalar cortinas en puertas y ventanas de vidrio
- Instalar elementos que produzcan sombra en puertas y ventanas
- Instalar dobles puertas o cortinas de aire en accesos de alto tránsito.
- Sellar hendiduras por donde se tengan infiltraciones





Techos Fríos

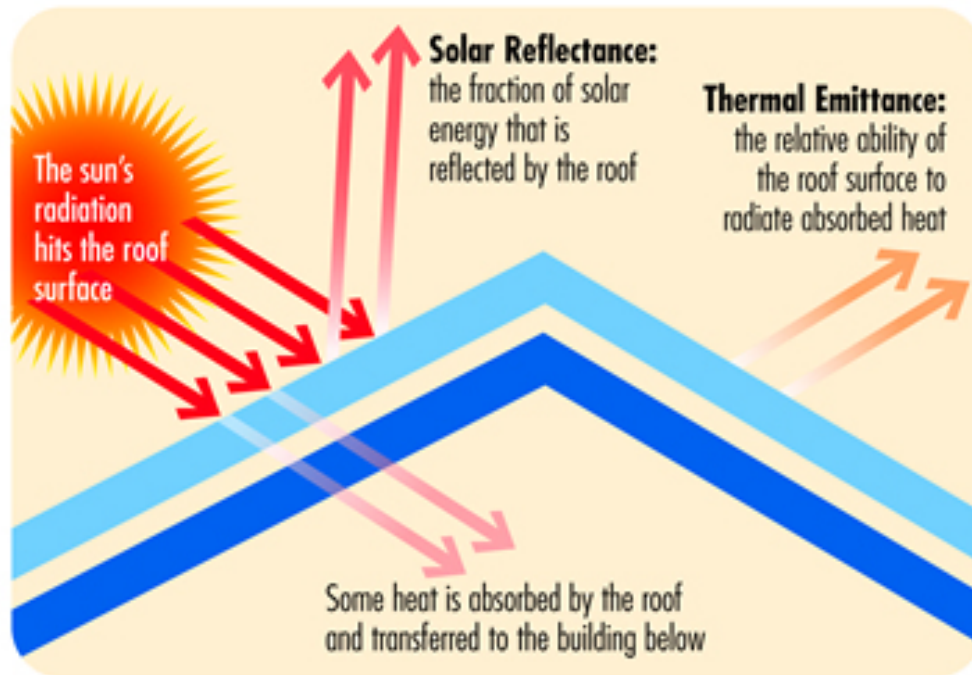


Table 5-D—Emissance and Reflectance Values to Achieve an SRI of 82

Emissance	Reflectance
0.10	0.810
0.15	0.800
0.20	0.790
0.25	0.785
0.30	0.775
0.35	0.765
0.40	0.760
0.45	0.750
0.50	0.740
0.55	0.730
0.60	0.725
0.65	0.715
0.70	0.705
0.75	0.700

- La superficie debe tener una reflectancia solar de **al menos 0.7**
- La superficie debe tener un índice de reflectancia solar (SRI) de **por lo menos 0.82**

