

SESIÓN 7

USO EFICIENTE DE

LA ENERGIA

CRONOGRAMA

Módulo	Sesiones												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	
	Sep-6	Sep-8	Sep-13	Sep-15	Sep-19	Sep-23	Sep-26	Sep-30	Oct-11	Oct-12	Oct-13	Oct-15	
1	Introducción y generalidades de la metodología PML	■	■										
2	Balances de materia y energía			■									
3	Ahorro y Uso eficiente del Agua				■	■							
5	Uso racional de la energía y energías renovables					■	■						
6	Gestión de Residuos y sustancias químicas							■					
7	Herramientas para la sostenibilidad								■				
8	Caso estudio aplicado con cálculos financieros									■			
9	Visitas en campo									■	■		
10	Elaboración de informe de visitas											■	



TONELADA DE REFRIGERACIÓN

- Calor necesario para congelar una tonelada de agua a 0°C en 24 horas

$$1TON = 3.516KW$$

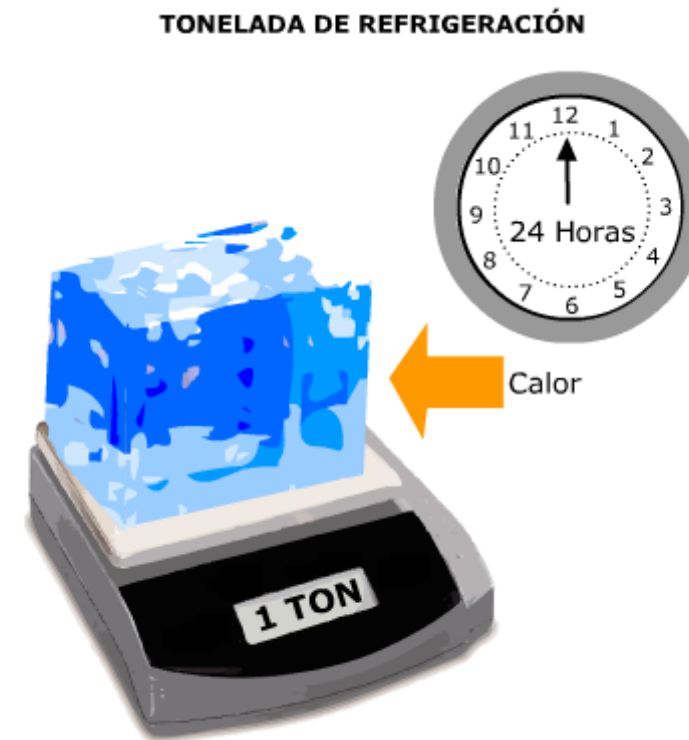
$$1TON = 200 BTU / \text{min}$$

$$1TON = 12000 BTU / \text{hora}$$

1 Tonelada de Hielo a 32° F cuando se funde en 24 horas equivale a 1Tonelada de Refrigeración.

$$2.000 \times 144 = 288.000 \text{ BTU/Día}$$

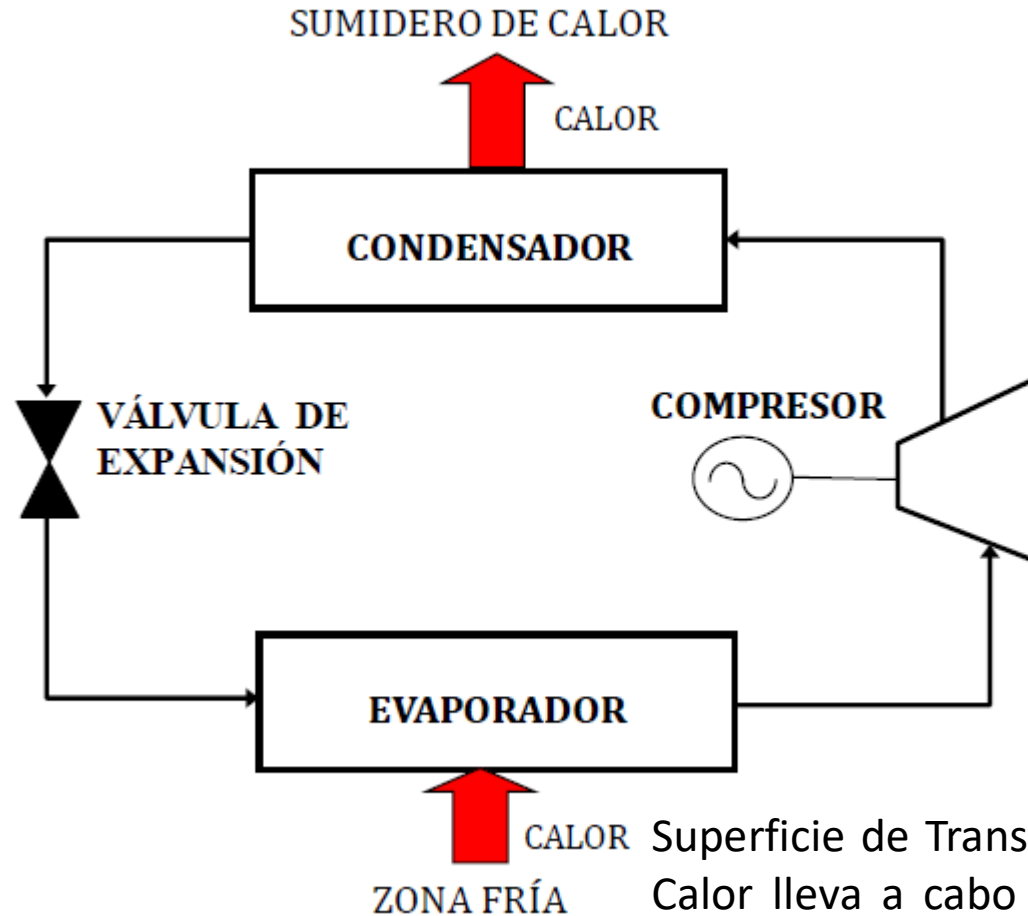
$$288.000 / 24\text{Hr} = 12.000 \text{ BTU/Hora}$$



Sistemas de refrigeración

Superficie de Transferencia de Calor que recibe la descarga del compresor, debe condensar completamente el refrigerante para su posterior expansión en la válvula.

Elemento encargado de Expandir el refrigerante líquido de alta presión y entregar una mezcla líquido vapor de baja presión al evaporador.



Tiene órganos móviles por lo que requiere mantenimiento. Es donde se produce el consumo energético

Superficie de Transferencia de Calor lleva a cabo el objetivo de la producción de frío:



Chiller
(centrifuga)
condensado
por agua



Chiller
(Scroll)
condensado
por aire



Potenciales de ahorro: Se expresan como un porcentaje del costo total del Utility consumido

\$ \$ \$ \$	over 5%
\$ \$ \$	0.5% to 5%
\$ \$	0.1% to 0.5%
\$	less than 0.1%

Tasa de Retorno: Estima el porcentaje del costo inicial ahorrado cada año

% % % %	over 100%
% % %	30% to 100%
% %	10% to 30%
%	less than 10%

Confiabilidad: Indica la probabilidad que la medida sea efectiva

- ✓ ✓ ✓ ✓ **Totalmente Probado.** Durabilidad total / fácil de administrar
- ✓ ✓ ✓ **Confiable.** Larga vida de servicio / se requieren habilidades moderadas para su montaje o manero
- ✓ ✓ **Falla Propensa.** Mantenimiento especializado, vulnerabilidad a daños/ procedimiento requiere supervisión continua
- ✓ **Riesgoso.** Poca confiabilidad del equipo/ procedimiento difícil de manejar o causa fácilmente daños



Potenciales de ahorro refrigeración

Facilidad de la implementación: Indica la facilidad para que la gente lleve a cabo la medida correctamente



Fácil: Esfuerzos mínimos y/o conocimientos extras mínimos



Rutina: Poco esfuerzo, necesidad de aprender un procedimiento



Difícil: Esfuerzo de mayor nivel o difícil de encontrar contratistas especializados en el tema



Muy difícil: Instalación difícil o costosa. Se requiere mayor experimentación



APAGAR LOS EQUIPOS DE RECHAZO DE CALOR CUANDO EL CHILLER CORRESPONDIENTE SE APAGA.

- En sistemas de componentes instalados por separado, el condensador puede no estar controlado directamente por el

chiller para su encendido y apagado o su control puede ser ineficiente. La primera recomendación es revisar el tipo de control que emplean los condensadores de su sistema de frío.

SELECTION SCORECARD			
Savings Potential	\$	\$	\$
Rate of Return, New Facilities	%	%	%
Rate of Return, Retrofit	%	%	%
Reliability	✓	✓	✓
Ease of Retrofit	😊	😊	😊



MANTENGA EL AGUA HELADA A LA MAYOR TEMPERATURA POSIBLE

- Esta es la primera de dos medidas fundamentales en los sistemas de frío.
- La literatura de los fabricantes indica ahorros de aproximadamente 2% de disminución en energía eléctrica de compresión por cada °F (alrededor de 4% por cada °C) que se aumente la temperatura del evaporador.

SUMMARY
Usually as simple as turning a knob. The main weakness of manual control is inability to track continuously changing cooling load.

SELECTION SCORECARD

Savings Potential	\$ \$ \$
Rate of Return	% % % %
Reliability	✓ ✓
Ease of Initiation	😊 😊

SUMMARY
The preferred way to control chilled water temperature.

SELECTION SCORECARD

Savings Potential	\$ \$ \$
Rate of Return, New Facilities	% % % %
Rate of Return, Retrofit	% % % %
Reliability	✓ ✓
Ease of Retrofit	😊 😊 😊



OPTIMICE LA TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN.

- Puede ahorrarse energía manteniendo la temperatura de condensación tan baja como sea posible. Normalmente la potencia de compresión se reduce 1.5% por cada °F (3% por cada °C)
 - La medida aplica muy bien en compresores reciprocantes pero puede no generar tan buenos resultados en otras tecnologías.

SUMMARY
Changing condenser water temperature is usually as simple as turning an adjustment screw. You may have to do a good deal of analysis to determine the optimum settings. Be careful to avoid equipment damage.

SELECTION SCORECARD

Savings Potential	\$ \$ \$
Rate of Return	% % % %
Reliability	✓ ✓
Ease of Initiation	😊 😊

SUMMARY
The only way to reliably maintain accurate control of condenser water temperature. May or may not be complicated, depending on the characteristics of the chiller system.

SELECTION SCORECARD

Savings Potential	\$ \$ \$
Rate of Return, New Facilities	% % % %
Rate of Return, Retrofit	% % % %
Reliability	✓ ✓
Ease of Retrofit	😊 😊



EN SISTEMAS CON TORRES DE ENFRIAMIENTO, LIMPIAR LOS TUBOS DEL CONDENSADOR REGULARMENTE.

- Las torres de enfriamiento son colectores eficientes de suciedad y cuentan con un ambiente propicio para la generación de organismos.

SUMMARY

Routine maintenance needed to minimize the condensing temperature.

SELECTION SCORECARD

Savings Potential	\$	\$	\$
Rate of Return	%	%	%
Reliability	✓	✓	
Ease of Initiation	😊	😊	😊

- Un condensador incrustado y/o sucio puede incrementar el consumo eléctrico (o reducir la capacidad) en mas de un 10%.
- Programe labores de limpieza de modo que los intercambiadores no se vean afectados significativamente.



VARIADORES DE VELOCIDAD

- Es el método más eficiente
- Controla continuamente la temperatura de salida del agua de la torre.

SUMMARY

Becoming the preferred method of modulating cooling unit capacity. Easy to retrofit. Has serious potential problems, usually avoidable.

SELECTION SCORECARD

Savings Potential	\$	\$	\$
Rate of Return, New Facilities	%	%	%
Rate of Return, Retrofit	%	%	%
Reliability	✓	✓	✓
Ease of Retrofit	😊	😊	

- Las torres de enfriamiento están diseñadas para condiciones máximas de carga, sin embargo esto solo ocurre en el 10-15% del tiempo
- Las torres de enfriamiento se diseñan para las condiciones más extremas del clima, la mayoría del tiempo cuentan con capacidad extra.



PORQUÉ VARIADORES DE VELOCIDAD?

- La velocidad del ventilador puede controlarse para mantener una temperatura constante de salida
- La velocidad del ventilador es continuamente variable, no por etapas
- Reducción de esfuerzos en el ventilador
- Reducción de pérdida de agua por evaporación.
- Reducción de labores de mantenimiento debido a arranques suaves

Donde:

Q₁=Caudal Nominal
Q₂=Caudal Reducido
H₁= Presión Nominal
H₂= Presión Reducida

P₁=Potencia Nominal
P₁=Potencia Reducida
n₁=Velocidad Nominal
n₂=Velocidad Reducida



$$\text{Caudal} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{Presión} = \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\text{Potencia} = \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$



CONTROLE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.



SUMMARY

Simple installation improvements that reduce the rate of condenser fouling.

SELECTION SCORECARD

Savings Potential	\$	\$	\$	
Rate of Return, New Facilities	%	%	%	%
Rate of Return, Retrofit	%	%	%	
Reliability	✓	✓	✓	✓
Ease of Retrofit	😊	😊	😊	



UBIQUE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO DE MANERA QUE NO EXISTAN RECIRCULACIONES DE AIRE.

- Evite que la torre reciba aire caliente proveniente de la descarga o que lugares con altas temperaturas
 - Evite ubicar las torres de enfriamiento en interiores, cerca a la zona de calderas y/u otros equipos calientes.

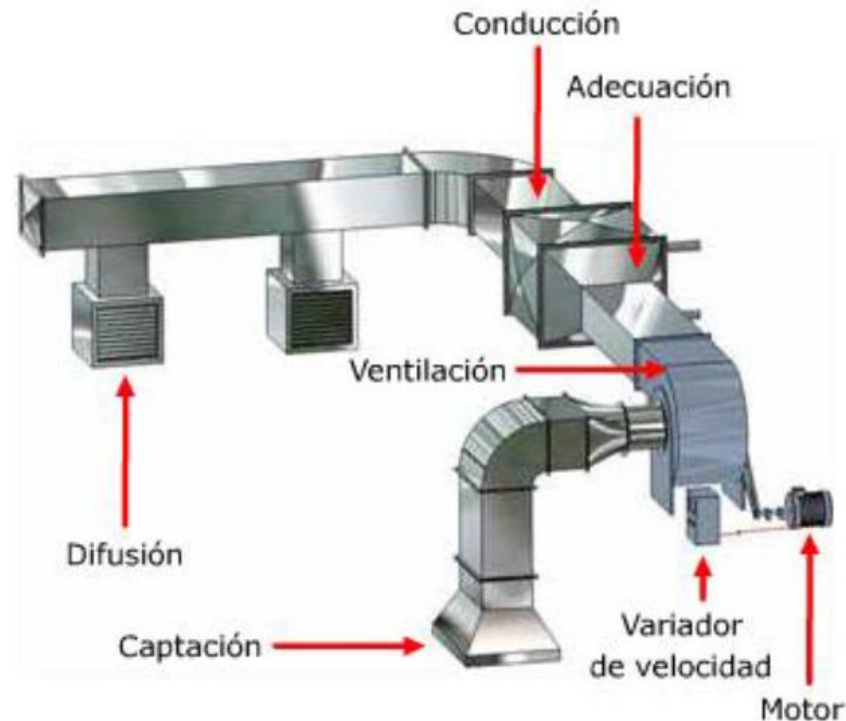
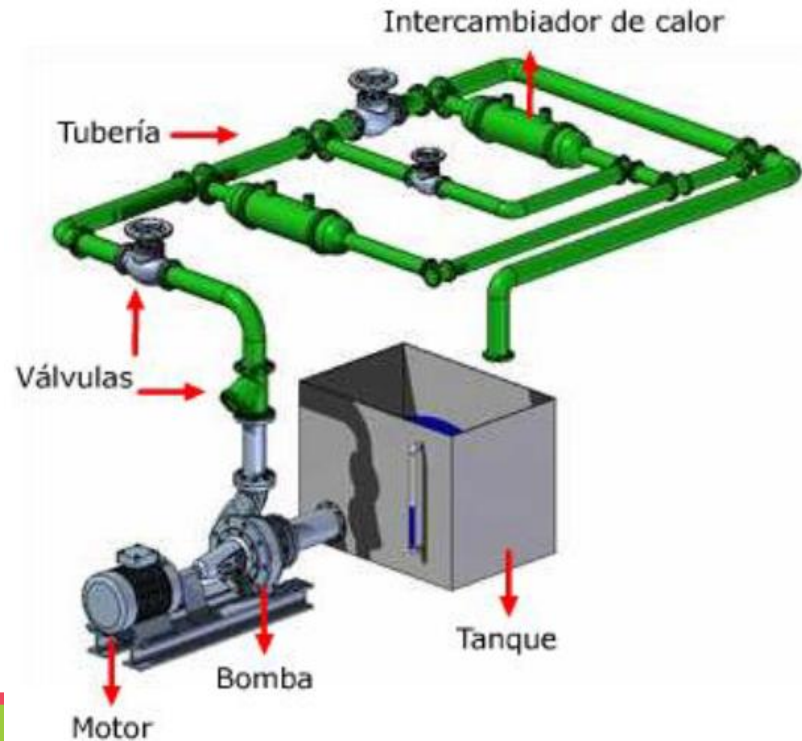
SUMMARY	
Corrections for common installation problems that waste fan energy, reduce chiller efficiency, and reduce capacity.	
SELECTION SCORECARD	
Savings Potential	\$ \$
Rate of Return, New Facilities	% % % %
Rate of Return, Retrofit	% %
Reliability	✓ ✓ ✓ ✓
Ease of Retrofit	😊 😊



Sistemas de bombeo

En las industrias de procesos, el diseño de sistemas para el transporte de fluidos es parte importante tanto para determinar la inversión inicial y el costo de producción.

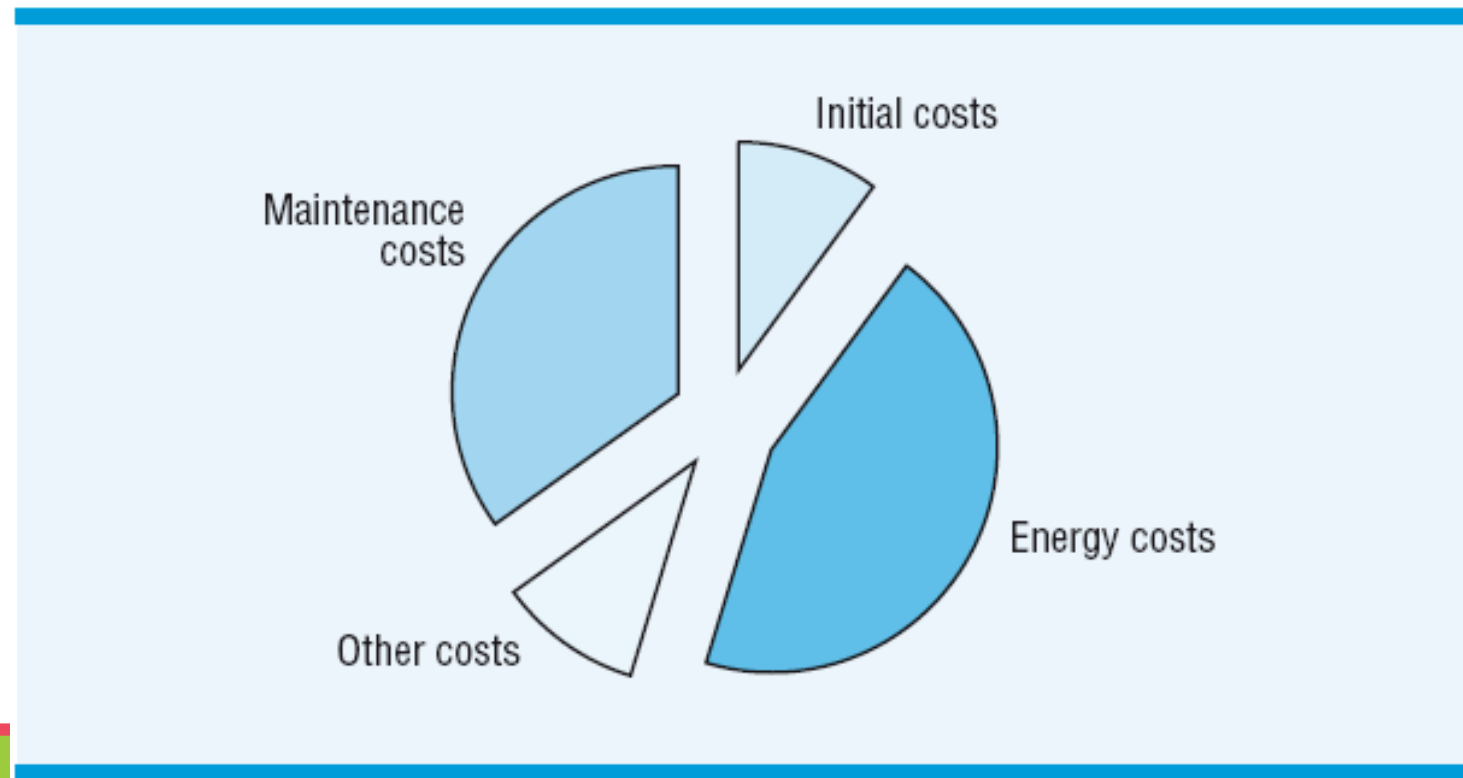
El transporte de fluidos abarca los sistemas para bombear líquidos y gases, siendo las unidades empleadas las bombas, los compresores y los ventiladores.



Sistemas de bombeo

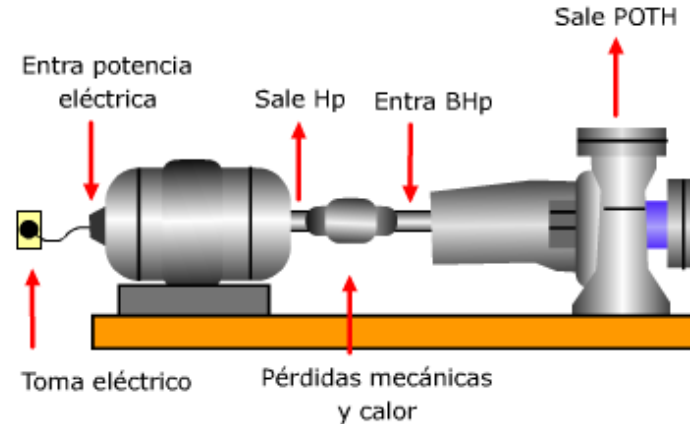
Cualquier proceso industrial por simple que sea requiere del desplazamiento de líquidos de un lugar a otro, desde un simple llenado de tanques hasta la recirculación de fluidos calientes o fríos por los equipos del proceso.

En Norteamérica el 27% del consumo eléctrico en el sector industrial se debe a los sistemas de bombeo. (Improving Pumping System Performance, U.S Department of Energy. 2006).



Eficiencia sistemas de bombeo

Puede decirse que el motor genera Caballos de fuerza (HP) y que la bomba consume caballos de fuerza al freno (BHP), la diferencia entre estas dos es lo que se pierde en la transmisión de la potencia. los rodamientos. el eje y el acople de la bomba.



La eficiencia de la transmisión y la eficiencia del motor normalmente oscilan entre el 90% y el 95% de la demanda eléctrica, mientras que la eficiencia hidráulica es función de muchos factores.

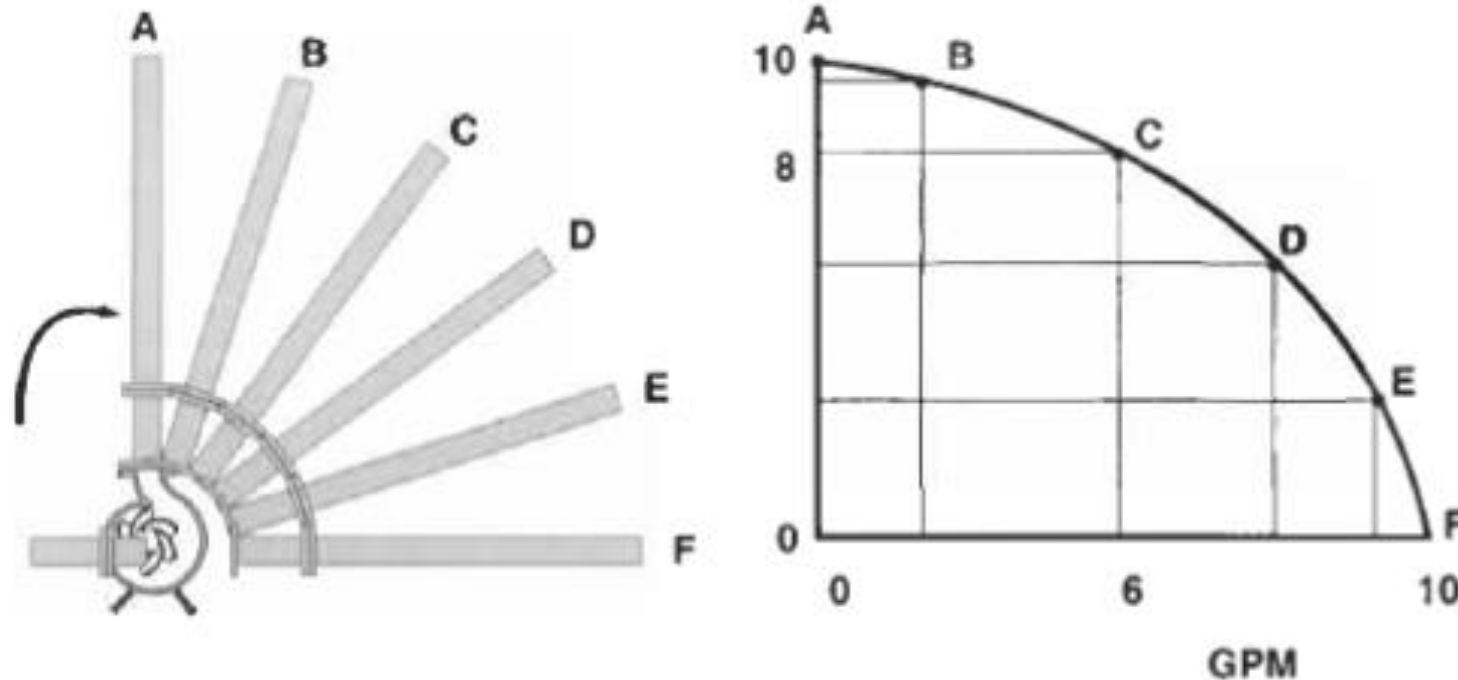
Entre los principales factores que afectan la eficiencia hidráulica se pueden mencionar la aspereza de superficies internas, la tolerancia en los anillos, las pérdidas mecánicas en sellos y empaques, la viscosidad del fluido, el tamaño de los sólidos contenidos en el fluido, el tipo de bomba y la cercanía de operación al punto óptimo.



Curvas de desempeño

Las bombas cuentan con ciertas curvas características que los describen y permiten conocer su desempeño en cualquier condición de operación.

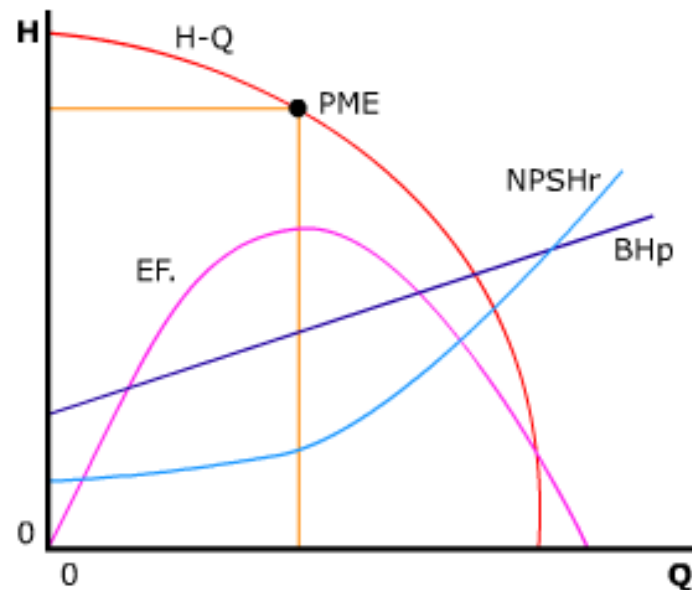
La curva de desempeño indica simplemente que la bomba descarga cierto flujo a una cierta presión, mientras consume cierta cantidad de energía y presenta una eficiencia determinada.



Curvas de desempeño

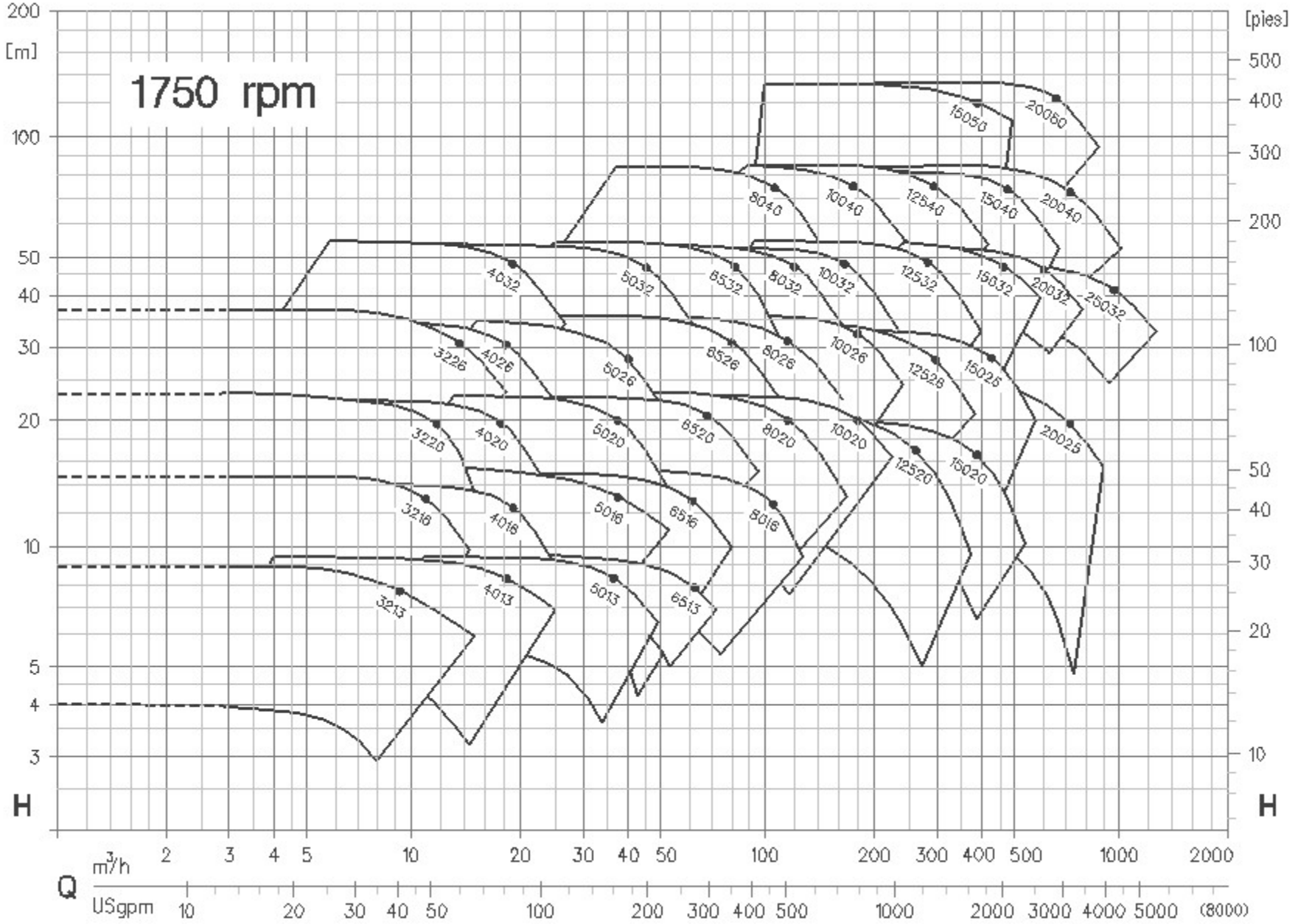
Podría decirse que la curva de una bomba es como el tablero de control de un carro. Nadie operaría un carro sin el tablero; sin embargo la mayoría de los operadores de bombas en la industria ni siquiera conocen de la existencia de la curva o no la tienen a la mano.

CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

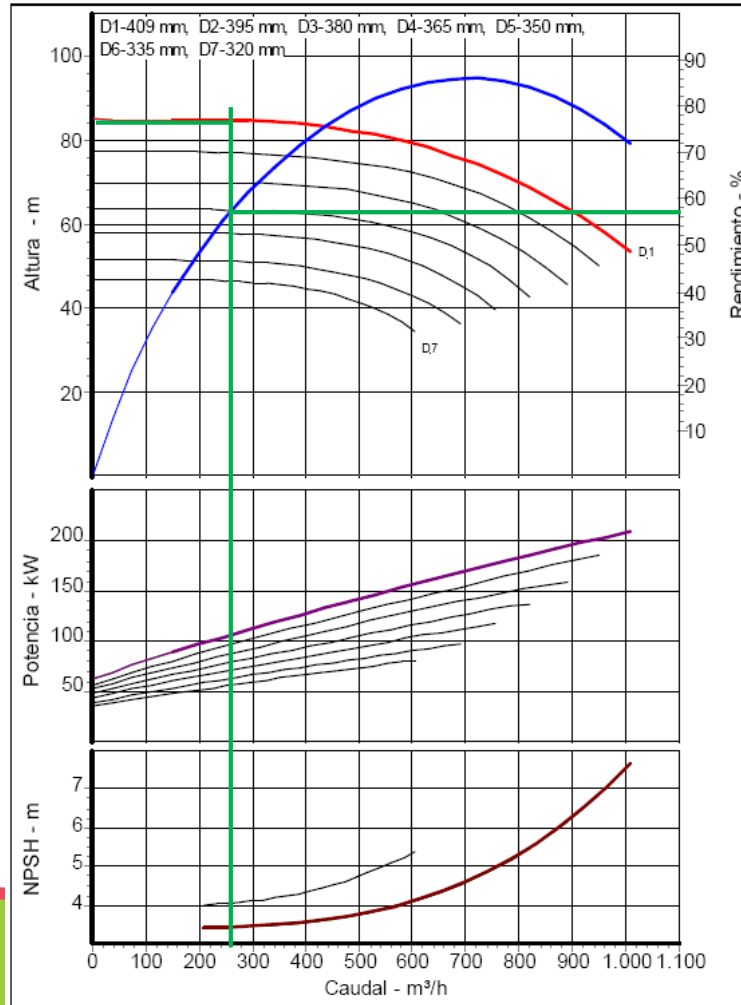


- BHp:** Potencia al freno (kW)
- Ef.:** Eficiencia (%)
- H:** Cabeza (m)
- Q:** Caudal (m³/h)
- NPSHr:** Cabeza neta de succión positiva requerida
- PME:** Punto de máxima eficiencia



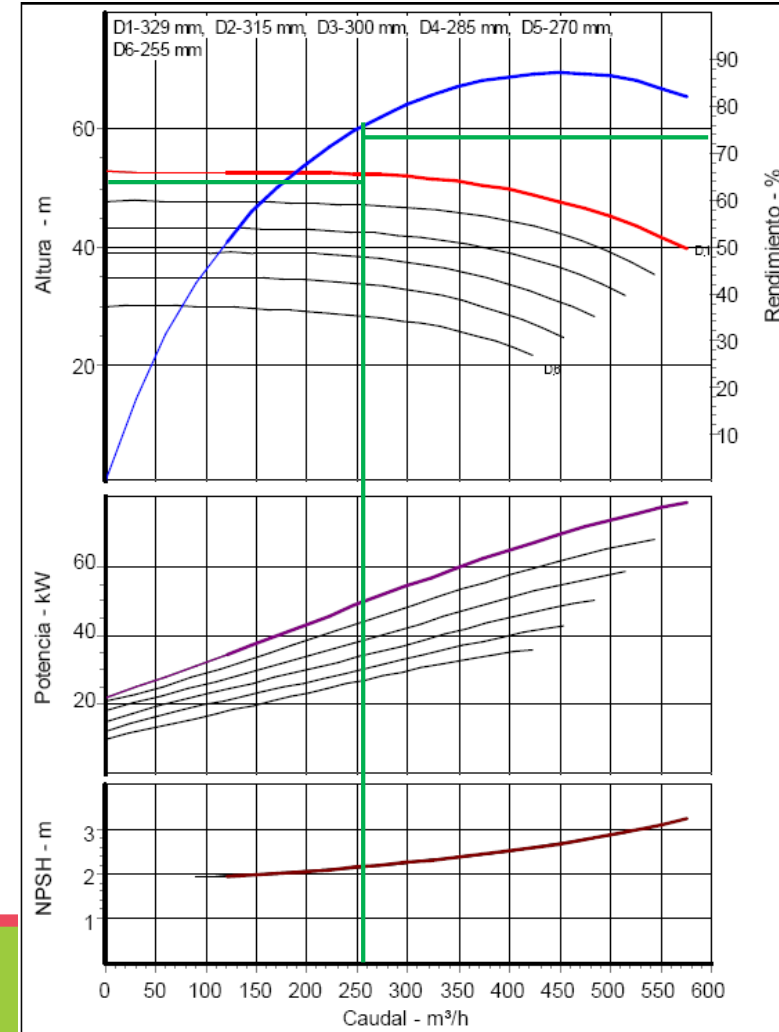


HB 20032
Q=1100GPM
H=82m
Pot=100kW
Eff=55%
Costo año=USD \$25.000



Diferencia:
USD
\$13.500

HB 15032
Q=1100GPM
H=52m
Pot=50kW
Eff=75%
Costo año=USD \$11.500



LEYES DE AFINIDAD

- Son un grupo de reglas que gobiernan las bombas.
- Sirven para predecir comportamientos ante la variación de una de las variables de operación de las bombas.
- Inicialmente tuvieron gran validez para conocer el comportamiento de una bomba americana que operaba a 50Hz
- Actualmente, con el uso de variadores de velocidad tomaron nuevamente fuerza y se emplean a diario en cálculos de bombas centrífugas.



- Si se cambia la velocidad de rotación a N_2 , se pueden confeccionar otras curvas características a la nueva velocidad de acuerdo a las relaciones

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\frac{BHP_2}{BHP_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3$$

Nota: Cambiando la velocidad y manteniendo constante el diámetro del impulsor, la eficiencia de la bomba permanece igual pero varían la H, Q y potencia suministrada (BHP)



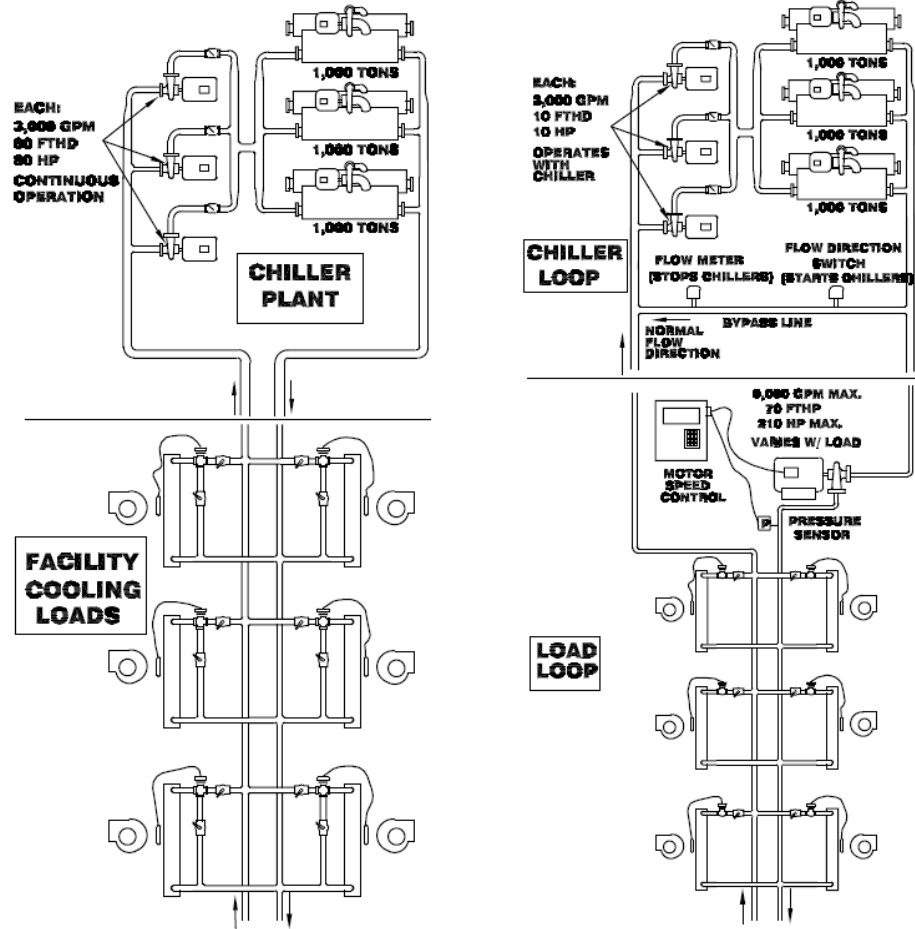
USO DE VARIADORES DE VELOCIDAD...

Son la solución a todos los problemas??

**NO SIEMPRE!!! RECUERDE QUE
LA CABEZA DISPONIBLE
TAMBIÉN SE AFECTA Y SE
REDUCE PROPORCIONALMENTE
CON LA VELOCIDAD**



APLICA O NO APLICA?



Una alternativa enfocada al uso eficiente de energía es el arreglo de bombas en serie o en paralelo.

La amplia variación en las demandas de muchos sistemas imposibilita la operación de una sola bomba cerca al punto de máxima eficiencia, lo que genera mayores costos de operación y de mantenimiento; contar con múltiples bombas más pequeñas permite que cada una opere de manera más eficiente y entren en operación de acuerdo a la demanda del sistema.

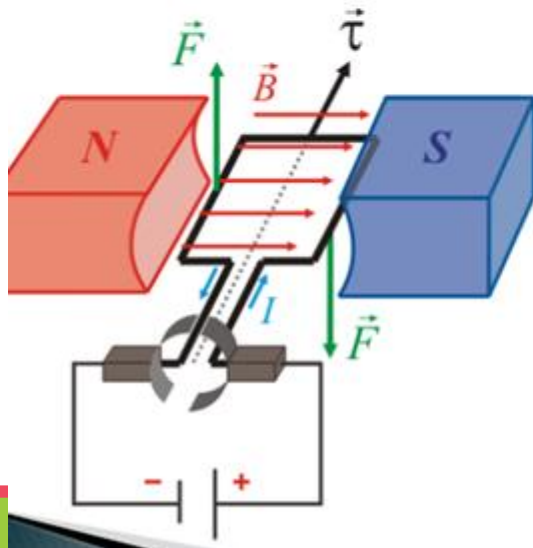
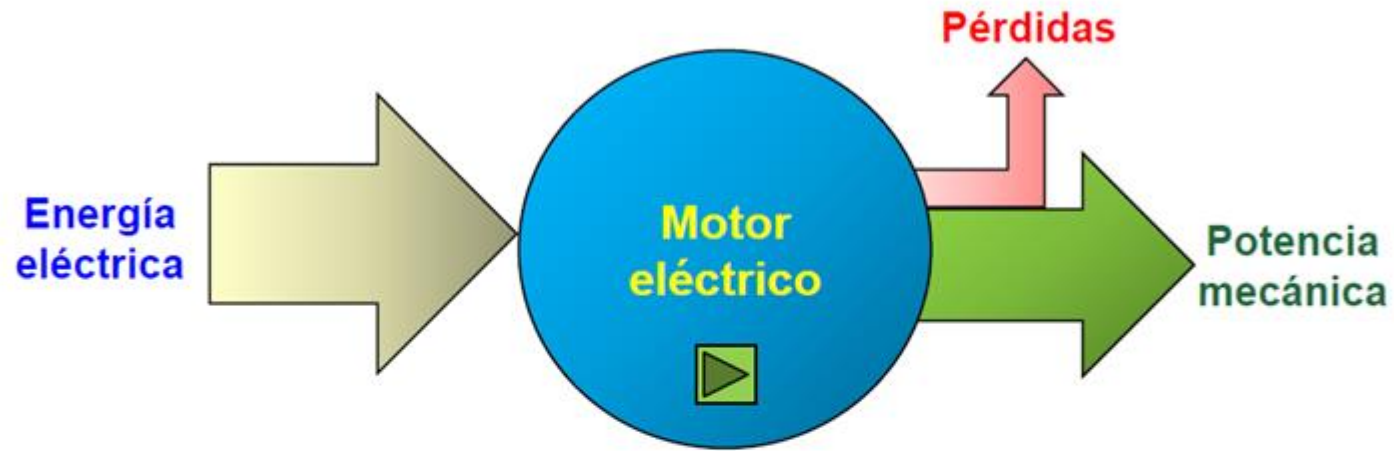
Cuando se requieren **altos caudales a bajas presiones se recomiendan arreglos en paralelo** que permitan la regulación de flujo. Cuando se requiere **mayor presión en la línea de un mismo caudal de emplea un arreglo en serie.**

Normalmente se emplean bombas de la misma capacidad, con el fin de evitar desbalances de presión en la línea. **Dos bombas iguales en paralelo suministran casi el doble de flujo a la misma presión y dos bombas iguales en serie suministran el doble de presión con el mismo caudal.**

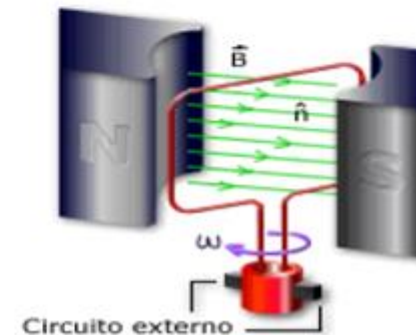


Fuerza motriz

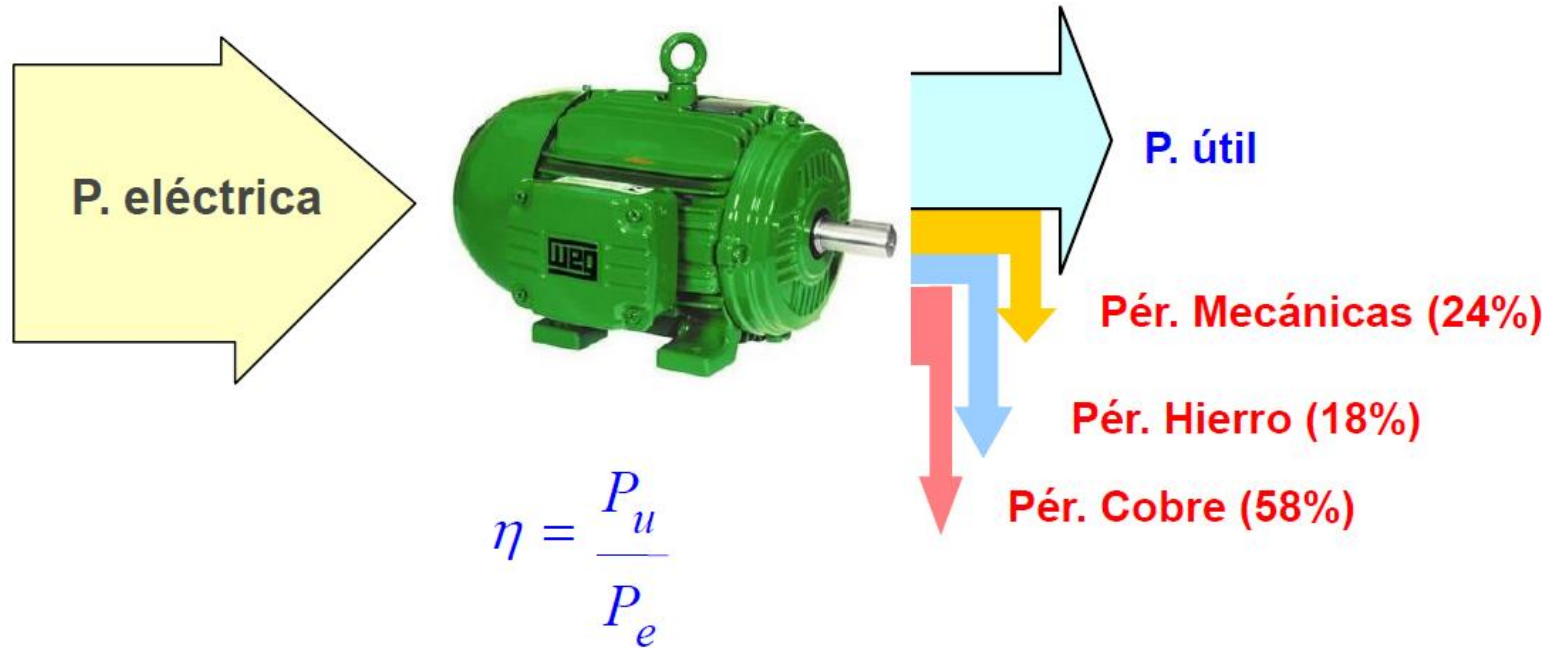
Motor Eléctrico



Máquina eléctrica que transforma la energía eléctrica (potencia eléctrica) en energía mecánica mediante un acople magnético.



Análisis del rendimiento



Eficiencias típica (%)	Tipo de motor		
	C. C.	Inducción	Sincrónico
	75 - 92	69 - 92	84 - 98

Evite el arranque y operación simultanea de motores, a fin de disminuir el valor de la demanda máxima.

Evite la operación en vacío en los motores.

Verifique periódicamente la carga del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo daños mayores en el motor y la carga.

Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en los terminales del motor, genera un incremento de la corriente, sobrecalentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten una caída de tensión del 5%. Para ellos utiliza conductores correctamente dimensionados.

Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe exceder en ningún caso el 5%, pero mientras menor sea el desbalance, los motores operarán con mayor eficiencia.



Recomendaciones URE fuerza motriz

Utilizar **arrancadores a tensión reducida** en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques. Con esto se evita un calentamiento excesivo en los conductores y se disminuye las pérdidas durante la aceleración.

Instale equipos de **control de la temperatura del aceite de lubricación** en cojinetes de motores de gran capacidad a fin de minimizar las pérdidas por fricción y elevar la eficiencia.

No se recomienda rebobinar los motores más de 2 veces, porque puede variar las características de diseño del motor, lo cual incrementaría las pérdidas de energía.

En bombas, es importante **instalar controles automáticos para arrancar y parar el motor de la bomba**. Así evitará que éste último siga consumiendo energía eléctrica cuando la bomba haya dejado de funcionar.



Ejemplo real

Una trituradora de huesos (molino) de la planta de subproducto de un matadero de reses cuenta con un motor de 50 HP estándar **rebobinado**, el tiempo de operación de este es de 15 horas por día por 300 días del año, operando con un factor de carga del 80%. Analice la posibilidad de sustituir este motor por uno eficiente. La tarifa a la cual esta sujeta la empresa es la T-5 Industrial Mayor en Baja Tensión.

Calculo

$$Ea = HP \times 0.745 \times Fc (100/ Ec - 100/Ee)$$

Donde:

Ea = Energía ahorrada en kW.

0.745 = factor de conversión de HP a kW

Ec = Eficiencia del motor actual en %

Ee= Eficiencia del motor propuesto %

Fc = Factor de carga



SOLUCIÓN

La eficiencia del motor rebobinado es igual a la eficiencia del motor estándar menos dos por cientos.

La eficiencia promedio para motores de 50HP el cual es 90.9

Rendimiento en motores eficientes se toma el valor promedio para motores de 50HP el cual es 93.9



Solución

Eficiencia del motor estándar devanado = $90.9 - (90.9 \times 2/100\%) = 89.08$.

Eficiencia del motor eficiente = 93.9

$$Ea = 50 \times 0.745 \times 0.80 \left(\frac{100}{89.08} - \frac{100}{93.90} \right) \times 4500$$

$$Ea = 7,777.8 \text{ kWh/año.}$$

Tomando como parámetro un costo promedio de 0.15 \$/kWh tenemos el siguiente ahorro:

$$\text{Ahorro} = 7,777.8 \text{ kWh/año} \times 0.15 \text{ \$/kWh.}$$

$$\text{Ahorro} = 1,166.67 \text{ \$/año.}$$

$$PR = \text{Inversión} / \text{ahorro}$$

$$PR = \text{U\$ } 3,127 / 1,166.67 \text{ U\$/año}$$

$$PR = 2.7 \text{ años.}$$



Sistemas de iluminación

Lámpara		Dispositivo que tiene como fin producir luz artificial por medios eléctricos.
Luminaria		<p>Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas y que comprende todas las piezas necesarias para fijarlas, protegerlas, y para unir las al circuito de alimentación. Componentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carcasa. 2. Pantalla. 3. Equipo Eléctrico.

Carcasa

Es el elemento físico que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos.

Pantalla

Protección de materiales diversos, opacos o difusores, que impide la visión directa de la lámpara.

Equipo eléctrico

Es un elemento “auxiliar” pero al mismo tiempo “esencial” para la calidad y economía en la producción de luz.



Sistemas de iluminación



T12

T8

T5

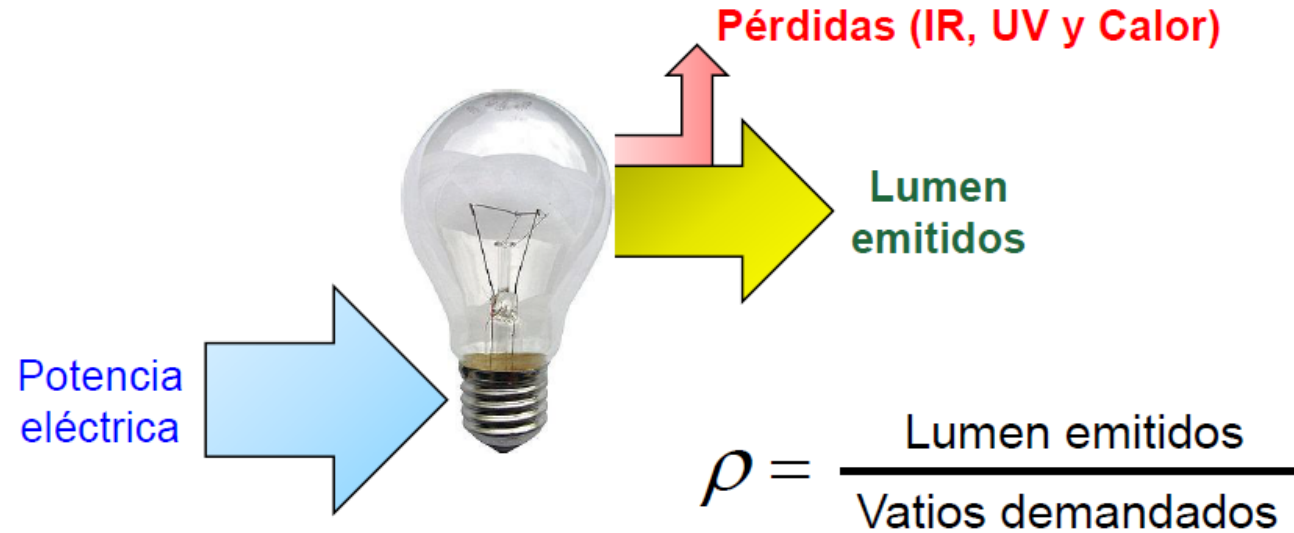
T2



Tubos implementados con LED



Rendimiento luminoso (eficacia luminosa)



La primera finalidad de una fuente de luz consiste en producirla, y la eficacia con que realiza este cometido se expresa en lúmenes emitidos por vatios consumidos, relación llamada **Rendimiento Luminoso (Eficacia Luminosa)**.

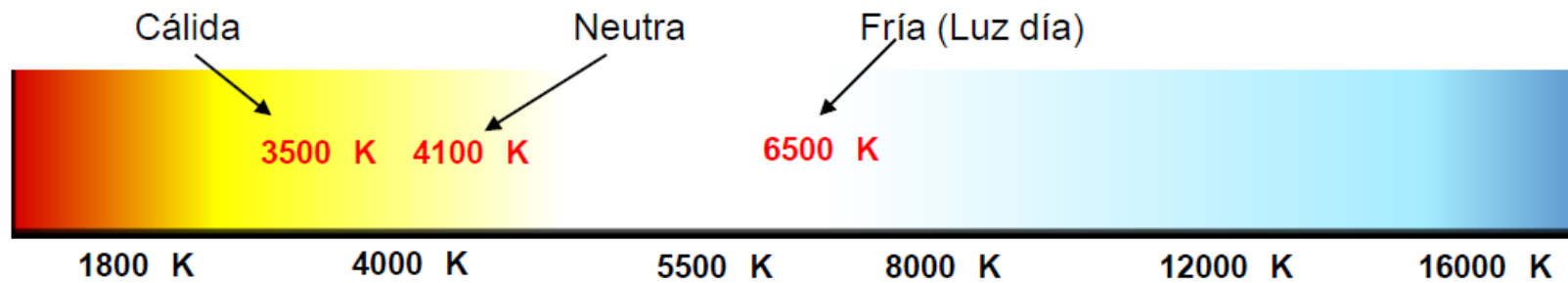
El espectro de radiación de una lámpara **no se compone solamente de longitudes de onda capaces de producir una sensación luminosa en el ojo** (longitudes de onda comprendidas entre 380 y 770 nm).

Por lo anterior, **se producen grandes cantidades de infrarrojos** y que inevitablemente **se pierde algo de energía por conducción y convección**.



Temperatura del color (°K): Es una medida de la tonalidad que emite una lámpara.

La temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo la temperatura de color generalmente se expresa en Kelvin, a pesar de no reflejar directamente una medida de temperatura.



- 1700 K: Luz de una cerilla.
- 1850K : Luz de vela.
- 2800 K: Luz incandescente o de tungsteno (iluminación doméstica convencional).
- 5500 K: Luz de día, flash electrónico (aproximado).
- 5770 K: Temperatura de color de la luz del sol pura.
- 6420 K: Lámpara de Xenón.
- 9300 K: Pantalla de televisión convencional.
- 28000 - 30000 K: Relámpago.





Ejemplo de niveles generales de iluminación (Tomado del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP)

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Industria alimenticia				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750

Adaptados de la Norma ISO 8995 "Principles of visual ergonomics -- The lighting of indoor work systems".



Sistemas de iluminación

EFFICIENCY	LEAST			MOST
BULB TYPE	 STANDARD	 HALOGEN	 CFL	 LED
450 LUMENS	40W	29W	9W	6W
450 LUMENS	60W	42W	14W	9W
450 LUMENS	75W	53W	18W	11W
450 LUMENS	100W	72W	23W	14W
RATED LIFE	1 YEAR	1-3 YEARS	6-10 YEARS	12-25 YEARS
SAVINGS	X	UP TO 30%	UP TO 75%	UP TO 90%



Limpiar periódicamente las lámparas y las bombillas (la suciedad disminuye la iluminación hasta un 20%).

Apagar las luces que no se necesitan (en horas de refrigerios y descansos).

Evaluar siempre la posibilidad de utilizar la luz natural (tejas traslúcidas).

Usa colores claros en las paredes, muros y techos.

Utiliza balastos electrónicos, porque te permiten ahorrar energía hasta un 10% y corrige F P.

Utilización de sensores de ocupación (el consumo de energía puede disminuir de un 30 a un 45%).

Utilización de dispositivos reductores de iluminación (dimmer).



Ejemplos URE Iluminación

Alternativa: Sustituir un sistema de iluminación en mercurio de 125 W por uno de alta eficiencia T5 de 2x39W (proceso).

Parámetro \ Luminaria	Hg 125 W	T5 de 2x39 W
Número de luminarias	40	40
Horas de operación (h)	24	24
Potencia demandada (kW)	5,00	3,12
Costo de operaci. (M\$/año)	11,39	7,10
Ahorro (M\$/año)	4,29	
Inversión (M\$)	3,80	
T. S. R. (años)	0,88	

Parámetro	Hg 125 W	T5 de 2x34 W
Flujo luminoso (Lumen)	6.300	7.000
Rendimiento Luminoso (Lm/W)	50,4	90,0
Temperatura del color (°K)	3.000 - 4.500	4.500
Vida útil (h)	9.000	20.000



Ejemplos URE Iluminación

Alternativa: Utilizar sensores de presencia en lugares de poca permanencia de los usuarios.

Área	Luminaria actual	Operación actual (h/día)	Potencia (W)	Hora real de ocup.	Disminució E (kWh/año)	Ahorro (\$/año)	TRI Años
Oficina de Mantenim.	2 de 2x32W T8	16	128	6	362,42	82236,5	0,30
Baño 1er Piso Hombres	2 de 1x48W TL12	16	96	4	326,18	74012,9	0,34
Baño 1er Piso Damas	2 de 1x48W TL12	16	96	4	326,18	74012,9	0,34
Gerencia	4 de 2x32W T8	10	256	6	289,94	65789,2	0,38
Baño 2do. Piso Damas	2 de 1x48W TL12	10	96	4	163,09	37006,4	0,68
Baño 2do. Piso Hombres	1 de 1x48W TL12	10	48	4	81,54	18503,2	1,35
Comedor Administración	4 de 1x32W T8	10	128	3	253,69	57565,6	0,43
Show Room	2 de 2x32W T8	10	128	4	217,45	49341,9	0,51
Vestier Hombres	1 de 2x96W TL12	16	222	6	628,57	142629,0	0,18
	1 de 2x32W T8						
Vestier Mujeres	2 de 2x32W T8	16	128	6	362,42	82236,5	0,30
Compresores	2 de 2x96W TL12	16	380	3	1398,71	317381,6	0,08
Inversión: \$ 275.000,0					4410,19	1000715,90	0,27





Seleccionar o diseñar la unidad apropiada (cálculo adecuado de cargas térmicas)

Minimizar las infiltraciones de aire externo

Mejorar la eficiencia de la iluminación.

Optimización del diseño de ductos y distribución del aire.

Aplicar un programa de mantenimiento apropiado (preventivo y predictivo)

Emplear el control automático (PID). Con programación de eventos.

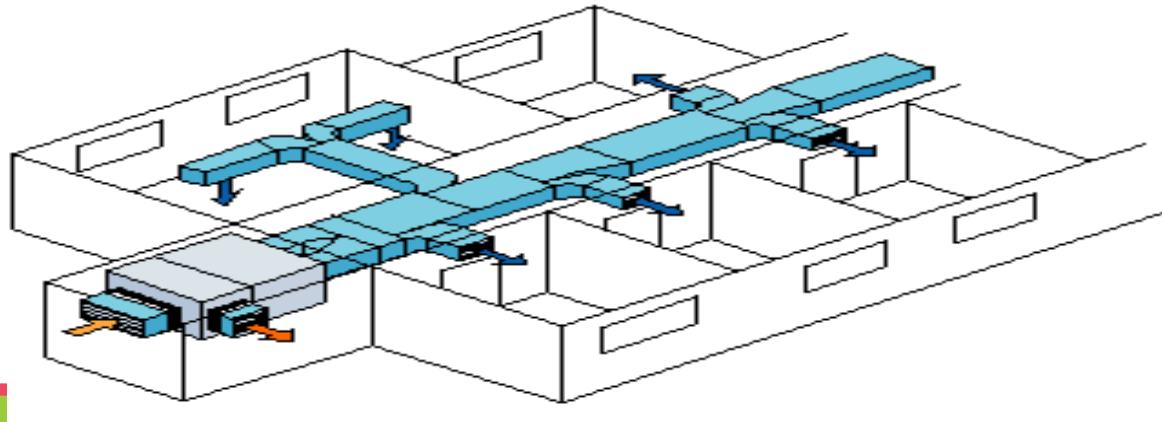
Instale vidrios reflectivos o láminas plásticas reflectivas en las ventanas.

Limpiar serpentines de intercambiadores (condensador, evaporador)

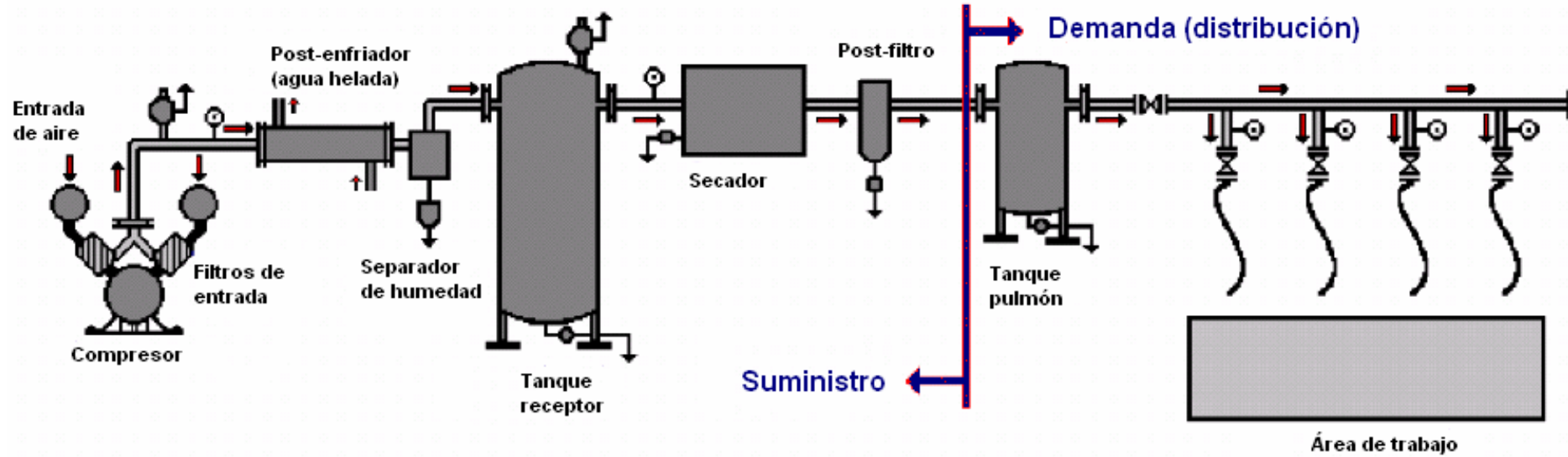
Limpiar filtros de aire



Instalar doble puerta o cortina en zonas de carga y descarga



Sistemas de aire comprimido



Sistemas de aire comprimido

Utilizado ampliamente en la industria. En muchos casos el aire comprimido es tan vital que la planta no puede operar sin él. Es versátil y seguro; se emplea como un fluido de limpieza, refrigerante, elemento transportador, activador de herramientas neumáticas y de diversos sistemas de control

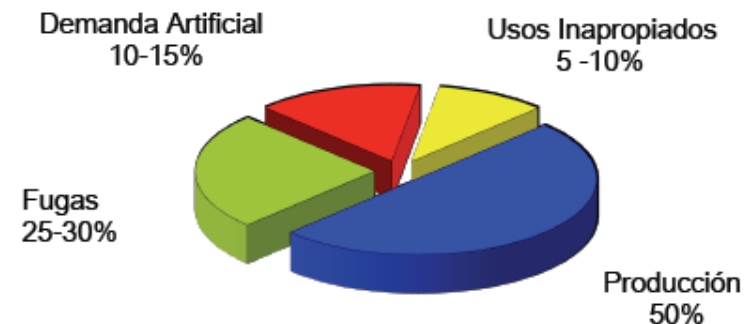
Típicamente, un sistema de aire comprimido, con una vida promedio de 10 años, divide sus gastos en un **70% de electricidad, 10% en inversiones de capital y 20% en mantenimiento**

Por que el aire comprimido es tan caro?

- El aire comprimido es el 4º recurso y es el recurso mas ineficiente en una planta.
 - para obtener 1 hp de trabajo a partir de un motor de aire se requiere aproximadamente 30 scfm a una presión 90 psig
 - esto requiere 6-7 hp en la flecha del compresor para producir este aire comprimido.
 - asumiendo una eficiencia del motor de 90%, esto se traduce en 7-8 hp de potencia eléctrica para entregar 1 hp de aire comprimido a la planta.
 - la eficiencia neta es aprox. 12.5% de la energía alimentada disponible para trabajo.

- Adonde se fue el otro 87.5% de la energía???

Solamente el 50% del aire producido es utilizado apropiadamente en la industria



REGLA BÁSICA

Un compresor industrial entrega aproximadamente 4-5 CFM por HP a 100 PSIG presión de descarga. Por ejemplo, un compresor de tornillo de 25 HP entrega de 100 a 125 ACFM @ 100 PSIG



Sistemas de aire comprimido

Las necesidades del aire comprimido están definidas por tres factores determinantes:

1. La calidad,
2. La cantidad
3. El nivel de presión requerido por los usuarios finales en una planta.

Si determinamos cuidadosamente estas necesidades, estaremos asegurando que la configuración de nuestro sistema de aire comprimido será la más apropiada.

CALIDAD

Agua y humedad

Un compresor de 100 HP genera aproximadamente 80 galones de agua durante un periodo de operación de 24 horas

Problemas causados por el agua en el aire comprimido

- Lavado de la lubricación necesaria.
- Incremento de mantenimiento y desgaste.
- Oxidación.
- Congelamiento de líneas.
- Reduce la vida de las herramientas.
- Los equipos se llenan de lodos.



Formas de deshacernos del agua

- Post – enfriadores.
- Separadores de humedad.
- Tanques.
- Secadores.
- Piernas de drene en tuberías.



La calidad del aire, está determinada por la proporción de humedad y de contaminación que permita la aplicación final del mismo. En general, se utilizan 4 niveles de calidad en función de su aplicación.

Aire de planta. Aire que puede estar relativamente sucio y húmedo

Aire para instrumentos. Aire con cantidades de humedad y suciedad moderadas

Aire de proceso. Aire con muy poca humedad y casi nula suciedad

Aire para respiración. Aire sin humedad y *totalmente libre de aceite y polvos,*

CANTIDAD DE AIRE (CAPACIDAD)

La capacidad del sistema de aire comprimido se determina sumando el consumo promedio requerido por cada una de las herramientas y por la operación de cada proceso en toda la planta, tomando en cuenta **factores de carga** de cada uno de éstos.

Todo sistema puede presentar picos de demanda que se pueden satisfacer a través de **tanques pulmón**. En muchos casos, una evaluación de la demanda del sistema nos puede llevar a una adecuada estrategia de control a través de estos tanques, de tal suerte que podamos **reducir la capacidad** global del compresor que se vaya a adquirir.

Analizar el uso del aire comprimido en cada una de las áreas de aplicación, ya que tal vez pueda utilizar, de manera más efectiva, sopladores o herramientas eléctricas o, tal vez, simplemente pueda detectar usos inapropiados.

Evaluar perfil de carga. Las variaciones de demanda durante el tiempo total de uso del aire comprimido es una de las principales consideraciones cuando se diseña un sistema de esta índole. grandes variaciones de demanda necesitarán de un sistema que opere eficientemente bajo carga parcial



NIVEL DE PRESIÓN

El nivel de presión del sistema debe ser definido, primero a través de los **requerimientos reales de cada herramienta**, a su vez las presiones requeridas por los diferentes procesos deben ser especificadas por el ingeniero de proceso.

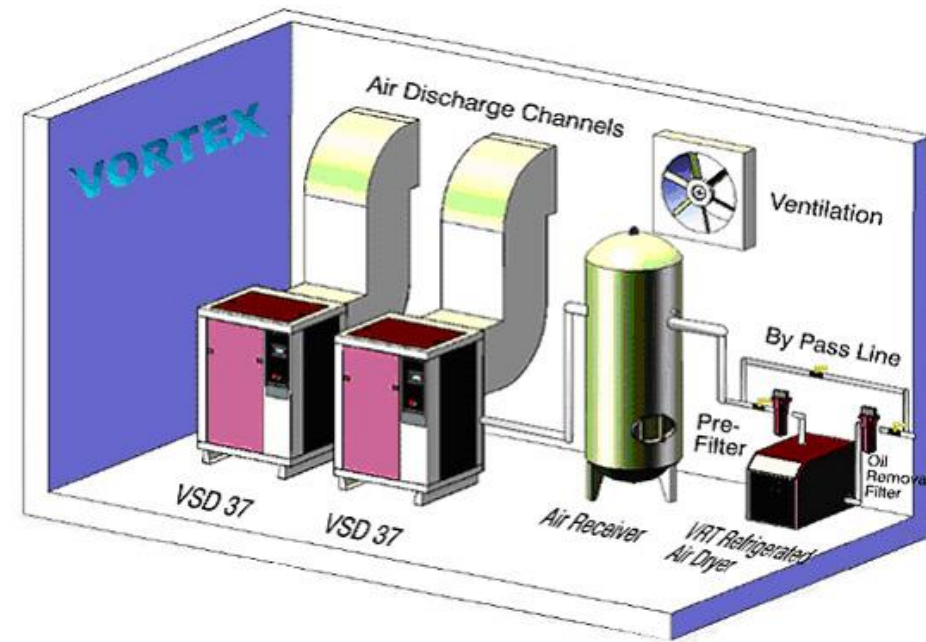
No olvidar que a **mayor nivel de presión** el sistema será **más costoso**, desde el punto de vista energético y de mantenimiento.

Por otro lado, cuando se defina el nivel de presión del sistema, se deben de tomar en cuenta las **pérdidas del sistema** a través de las tuberías y accesorios de los equipos adicionales, como secadores, separadores, filtros, etc.



Un error común es dejar la **succión del aire del compresor dentro del cuarto de máquinas**

Se recomienda instalar un ducto de succión de aire fresco exterior, debidamente aislado, ya que se estima que por cada 4° C de incremento en la temperatura del aire de succión se incrementará un 1% la energía consumida por el compresor para la misma cantidad de aire comprimido



Entre un 80% y un 93% de la energía eléctrica utilizada por un compresor de aire industrial se convierte en calor. En la mayoría de los casos, con un diseño apropiado de la unidad de recuperación de calor, se puede recuperar desde un 50% hasta un 90% de esa energía térmica disponible, la cual puede ser utilizada para el calentamiento de aire o de agua

Como regla general, se pueden obtener aproximadamente 50,000 Btu/hora de energía por cada 100 cfm de capacidad a plena carga, a una temperatura de 15°C y a 20°C por encima de la temperatura del aire de entrada, por lo que es normal obtener eficiencias de recuperación del orden del 80% al 90%.



Antes de decidir la compra de un compresor extra, usted deberá de estudiar el efecto de las fugas, ya que arreglándolas puede obtener esa capacidad extra que requiere

Diámetro del orificio (mm)	Caudal del aire a 90 psi (m ³ /min)	Pérdida de potencia utilizada para su compresión (kW)
1	0.06	0.3
3	0.60	3.1
5	1.60	8.3
10	6.30	33.0

En una fuga por un orificio de 1 mm en una tubería operando a 100 psi, genera un desperdicio de energía de 0,3 kWh por hora

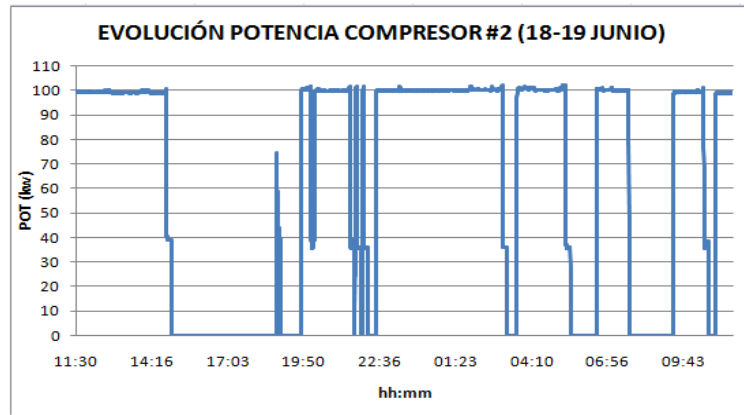
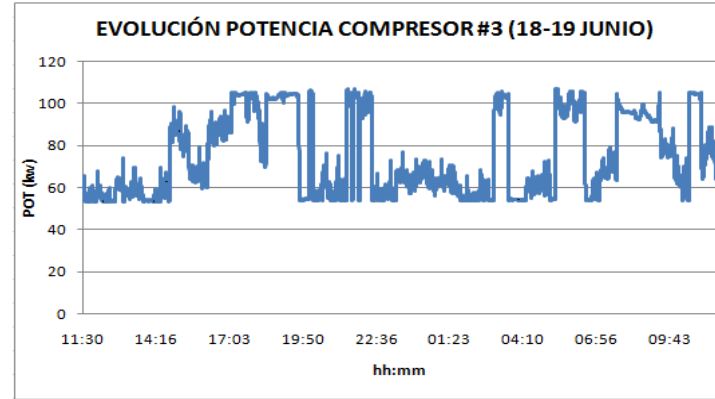
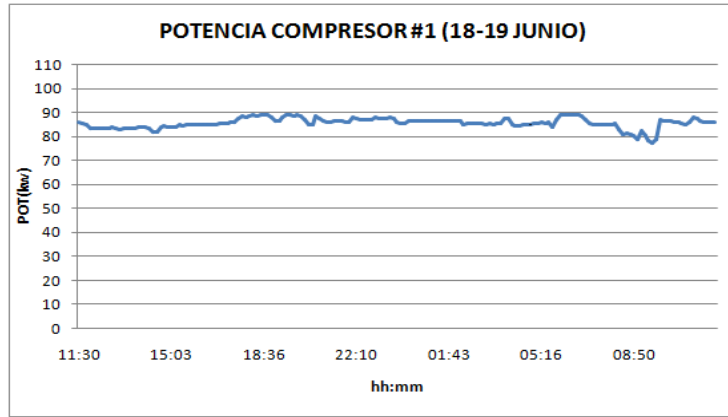


El porcentaje de fugas, en términos de la capacidad del compresor, deberá ser menor al 5 - 10% si el sistema recibe un buen mantenimiento, de lo contrario, este porcentaje puede llegar a ser del orden del **20-30% de pérdidas de la capacidad del compresor.**

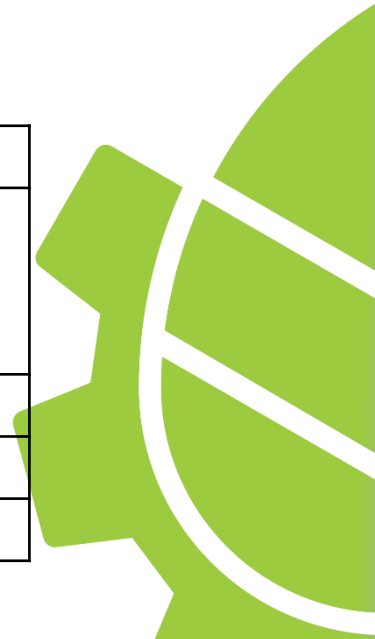
La mayoría de los compresores modernos están dotados de **medidores de tiempo** que llevan un registro de los períodos de 'carga' y 'no carga', por lo que un incremento en el período de carga (o un incremento en la frecuencia de operación) para el mismo nivel de producción, nos indica que los niveles de fugas han aumentado.

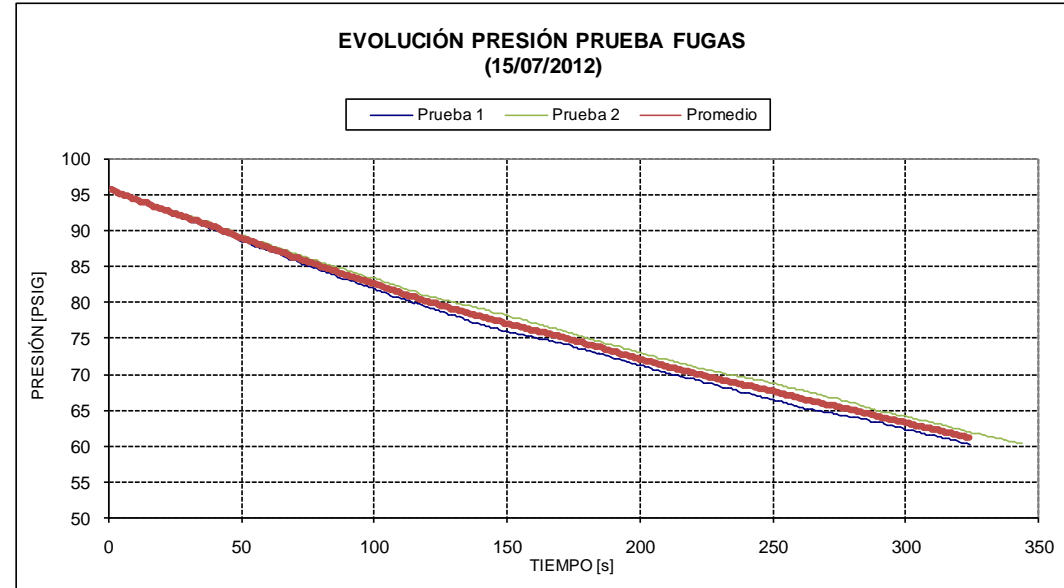
PARÁMETRO	Compresor # 1	Compresor # 2	Compresor # 3
Marca	INGERSOLL RAND	INGERSOLL RAND	INGERSOLL RAND
Tipo	Tornillo	Tornillo	Tornillo
Modelo	SSR-EP125	SSR-EP125	R90N-145
Potencia nominal HP	125	125	125
Potencia nominal kW	93.2	93.2	93.2
Capacidad nominal ACFM (1)	571	571	303 - 604
Capacidad nominal SCFM (2)	563	563	298 - 596
Funcionamiento	Maestro	Esclavo	Esclavo





COMPRESOR	POTENCIA NOMINAL (kw)	POTENICA REAL		
		Mínima (kw)	Promedio (kw)	Máxima (kw)
1	93.2	76.0	85.66	90.9
2	93.2	0.0	62.3	102.1
3	93.2	53.2	74.5	107.0





LÍNEA	FUGAS (SCFM)	% DE FUGAS	\$ COSTO POR FUGAS
Planta	190	19.4	97.400.000
Verde	40	4	20.500.000
Colores	15	1.6	8.100.000
TOTAL	245	25	126.000.000



PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Longitud aproximada tubería	500	Metros
Diámetro redes principales	3	Pulgadas
Diámetro redes secundarias	2	Pulgadas
Valor promedio instalado	\$200.000	\$/metro
Costo estimado de instalación	\$100.000.000	COP
Volumen tanque de acumulación	2	M ³
2 tanques adicionales	\$20.000.000	COP
Estaciones de mantenimiento instaladas	80	-
Costo por estación de mantenimiento	\$450.000	COP
total estaciones de mantenimiento	\$36.000.000	COP
Diseño de la red	\$10.000.000	COP
Costo estimado total	\$166.000.000	COP
Ahorro estimado por fugas	\$91.300.000	COP
ROI	1.8	Años



CASO REAL

La empresa la maravilla s.a. fabricante de componentes plásticos tiene problemas de calidad del aire comprimido durante algunas horas del día, debido a un problema de fugas en línea y accesorios que no se ha corregido dado que el departamento de mantenimiento no tiene tiempo.

OPERACIÓN SIN CARGA:

DURANTE UNA HORA EL COMPRESOR CICLO 19 VECES PARA UN TOTAL DE 11 MINUTOS.

POTENCIA DEL MOTOR: 25 KW

FACTOR DE CARGA: 0.9 KW

HORAS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA: 4,200 h/AÑO



AHORRO: SE APLICA LA SIGUIENTE ECUACIÓN

$$\text{ahorro} = t1/t2 * kw * fc * h$$

donde:

t1: tiempo de operación de
lcompresor sin carga

t2: tiempo de medición

kw: potencia del motor

fc: factor de carga

h: horas de operación de red por año

$$\text{AHORRO} = T1/T2 * KW * FC * H$$

T1: 11 MINUTOS

T2: 60 MINUTOS

KW: 25

FC: 0.9

H: 4,200 HRS

$$\begin{aligned} \text{AHORRO} &= 11/60 * 25 * 0.9 * 4,200 \\ &= 17,325 \text{ KWh/AÑO} \end{aligned}$$



CALCULO DEL AHORRO

DISMINUCION EN CONSUMO: 17,325 KWh/ANO

**AHORRO EN CONSUMO= $0.075 * 17,325$
\$ 1,299.38/AÑO**

INVERSIONES REALIZADAS EN LA RED: \$50

PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION:

**INVERSION/AHORRO = $\$50 / 1,299.38/AÑO$
= 0.73 AÑOS**



GRACIAS

