

I^{er} Acuerdo de Producción Limpia

Asociación de Industriales de La Reina A.G.

Taller: "GESTOR ENERGETICO"
Módulo 3: "Mejoramiento del Desempeño Energético"



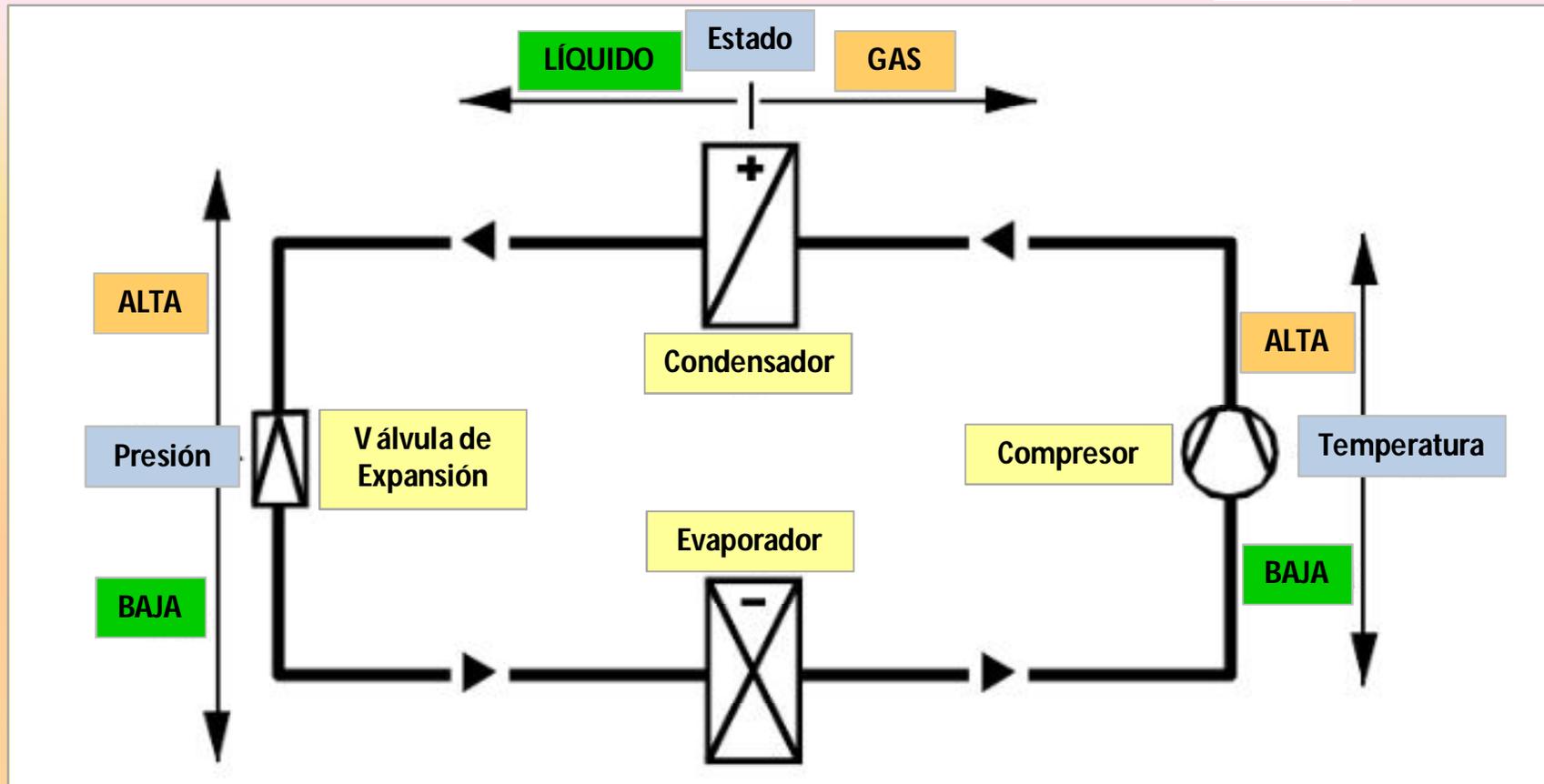
Santiago, Abril 2018

Ricardo Cereceda O.
RCEE /CAPE/ CMVP/CEM
Gerente de Proyectos
Ingeniería Proquilab Ltda.

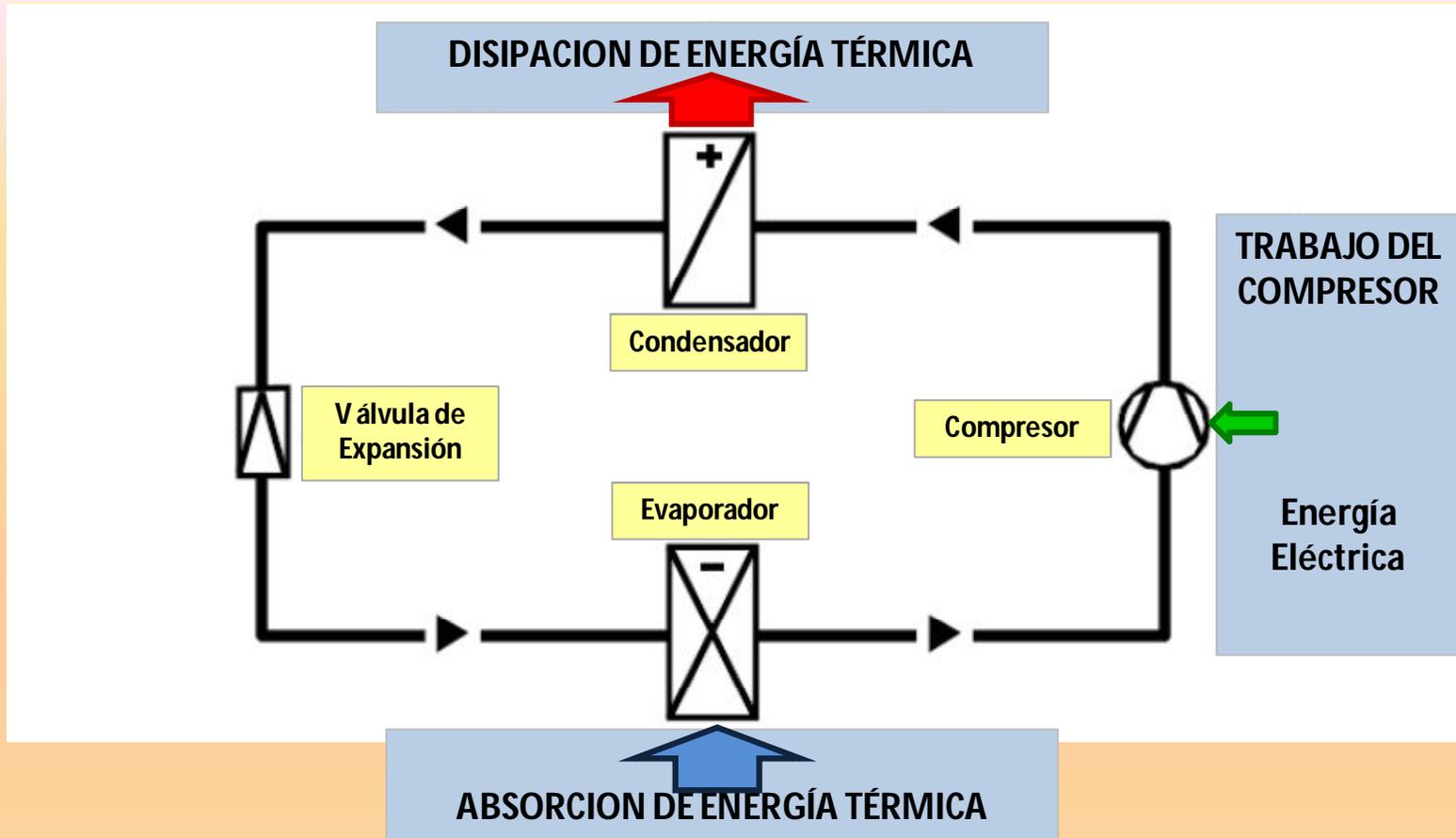
MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- × Sistemas de Refrigeración
- × Sistemas Térmicos
- × Sistemas Eléctricos
- × Iluminación
- × Evaluación de Ciclo de Vida de Medidas de Mejoramiento (LCCA)

CICLO DE REFRIGERACIÓN



CICLO DE REFRIGERACIÓN



BALANCE DE ENERGÍA DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN

La variación de entalpías de cada corriente corresponde a

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta h$$

× **Calor resultante en la evaporación = refrigeración resultante**

$$\Rightarrow Q_K = \dot{m} \cdot (h_S - h_E)_{\text{Evap}}$$

× **Energía en el compresor**

$$\Rightarrow P_{\text{eff}} = \dot{m} \cdot (h_S - h_E)_{\text{Comp}}$$

× **Calor de condensación**

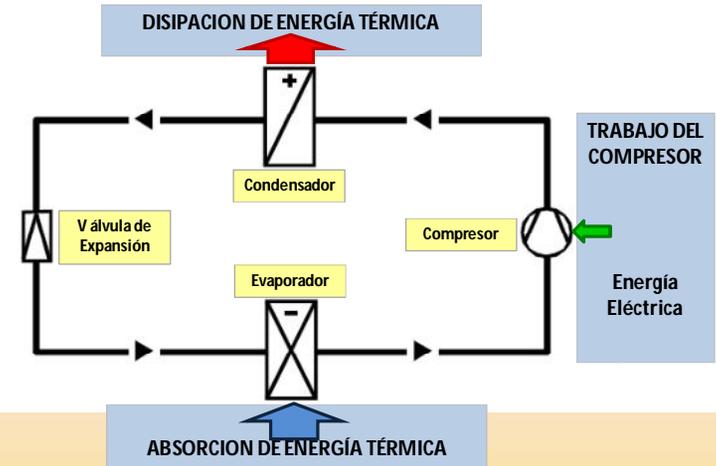
$$\Rightarrow Q_C = \dot{m} \cdot (h_E - h_S)_{\text{Cond}}$$

× **Balance de Energía**

$$\Rightarrow Q_C = Q_K + P_{\text{eff}}$$

× **Coeficiente de desempeño**

$$\Rightarrow \text{COP} = Q_K / P_{\text{eff}}$$

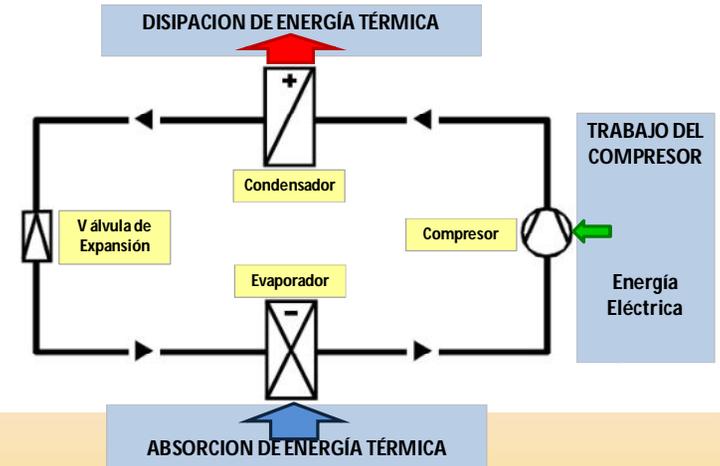


MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

× Sistemas de Refrigeración

+ Evaporadores

- × Aumentar la Temperatura de Evaporación en Cámaras de Frío y Espacios Refrigerados
- × Disminución de Cargas Térmicas No Productivas
- × Deshielo
- × Distribución de la carga
- × Flujos de aire
- × Manejo de accesos – Cortinas de aire

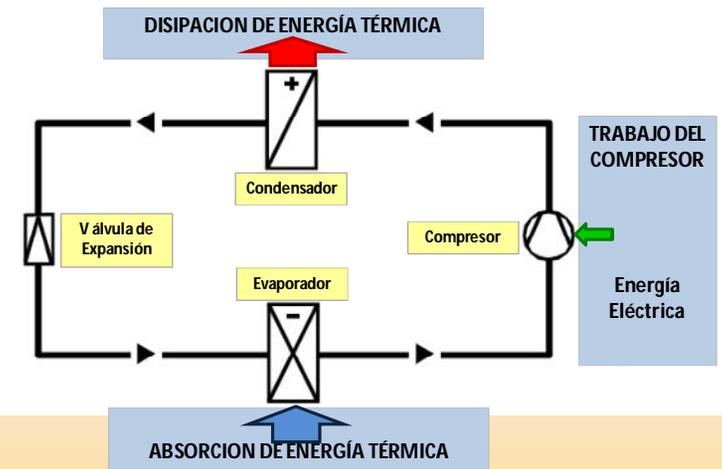


MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

× Sistemas de Refrigeración

+ Compresores

- × Partidor suave - Variador de Frecuencia
- × Partida Automática de Compresores (maestro-esclavo)
- × Compresión 2 Etapas o multietapa para Baja Temperatura
- × Hermeticidad del compresor
- × Mejorar la Aislación Dañada en Línea de Succión de Amoniaco
- × Temperatura y Presión de descarga

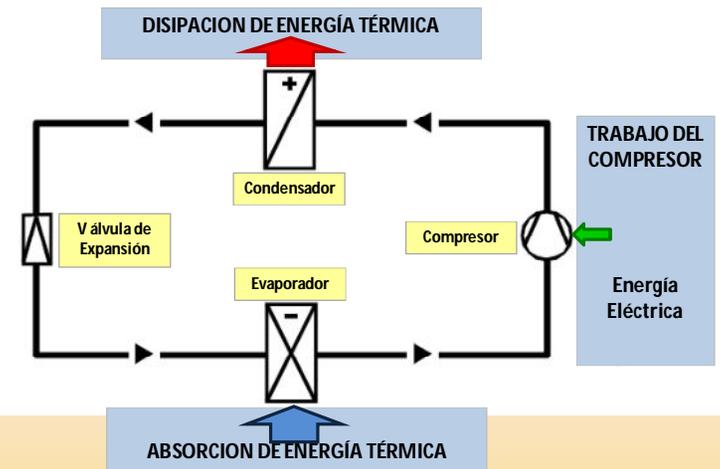


MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

× Sistemas de Refrigeración

+ Condensadores

- × Disminución de Temperatura de Condensación del Refrigerante
 - * Verificar que la Capacidad de Condensación del Sistema sea la Adecuada
 - * Temperatura ambiente
 - * Calidad y Temperatura del agua de enfriamiento
 - * Instalación de Purgadores Automáticos de Aire
 - * Limpieza de Condensadores
- × Recuperación de Calor desde Corriente de Gas Amoníaco Caliente



ESQUEMA ACTUAL

Refrigerante (Amoníaco) a
70 - 90 °C

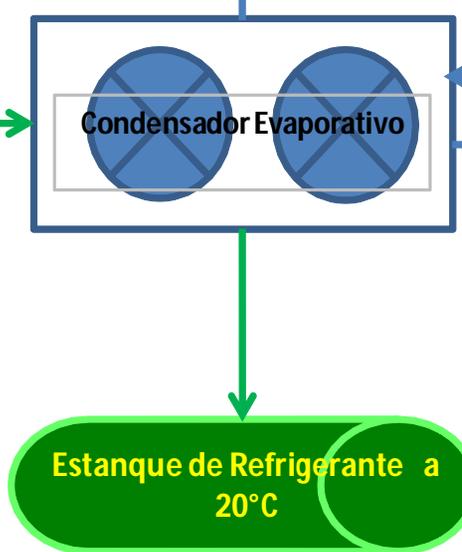
Agua
Evaporada

Agua con
Antiincrustante
@ 18°C

Condensador Evaporativo

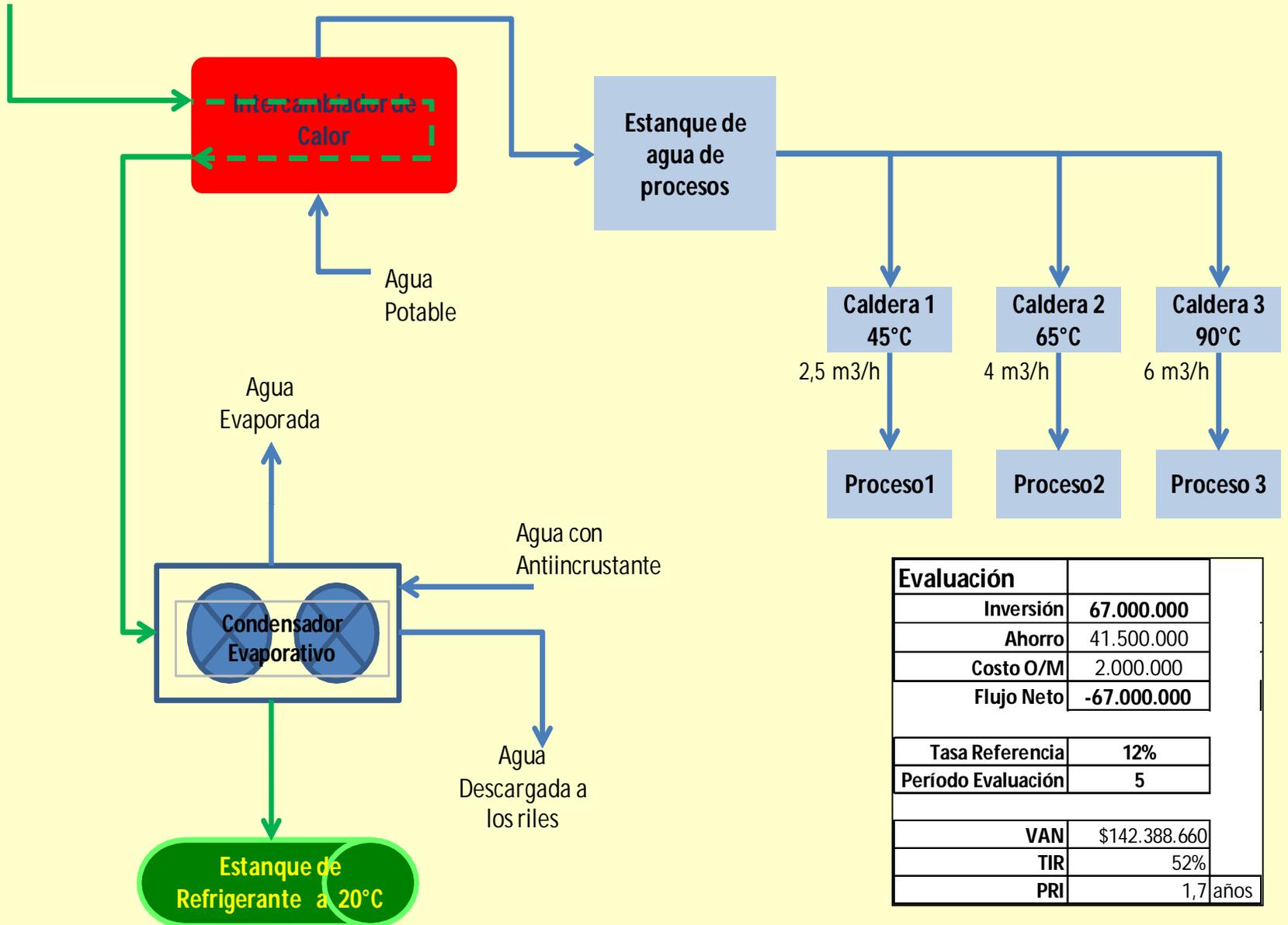
Agua Descargada a los
riles @ 30°C

Estanque de Refrigerante a
20°C



ESQUEMA PROPUESTO

Refrigerante (Amoníaco)
@ 70 - 90 °C



Evaluación	
Inversión	67.000.000
Ahorro	41.500.000
Costo O/M	2.000.000
Flujo Neto	-67.000.000
Tasa Referencia	12%
Periodo Evaluación	5
VAN	\$142.388.660
TIR	52%
PRI	1,7 años

MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- × Sistemas Térmicos
 - + Control de Presión en Equipos que Utilizan Vapor Directo

 - + Escaldadoras en Plantas Faenadoras de Aves
 - × Aislación de Escaldadoras
 - × Uso de menor temperatura posible

CALDERAS

+ Condiciones de Operación

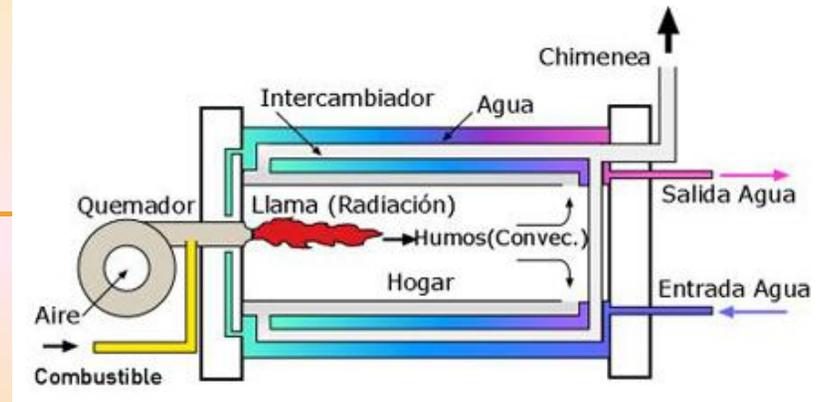
- × Aire 1^{ro} y 2^{ro}
- × Ajuste Relación aire/combustible: Exceso de aire
- × Presión y Temperatura de Operación
- × Factor de Carga
- × Corrientes de Aire

+ Sistema de alimentación de combustible

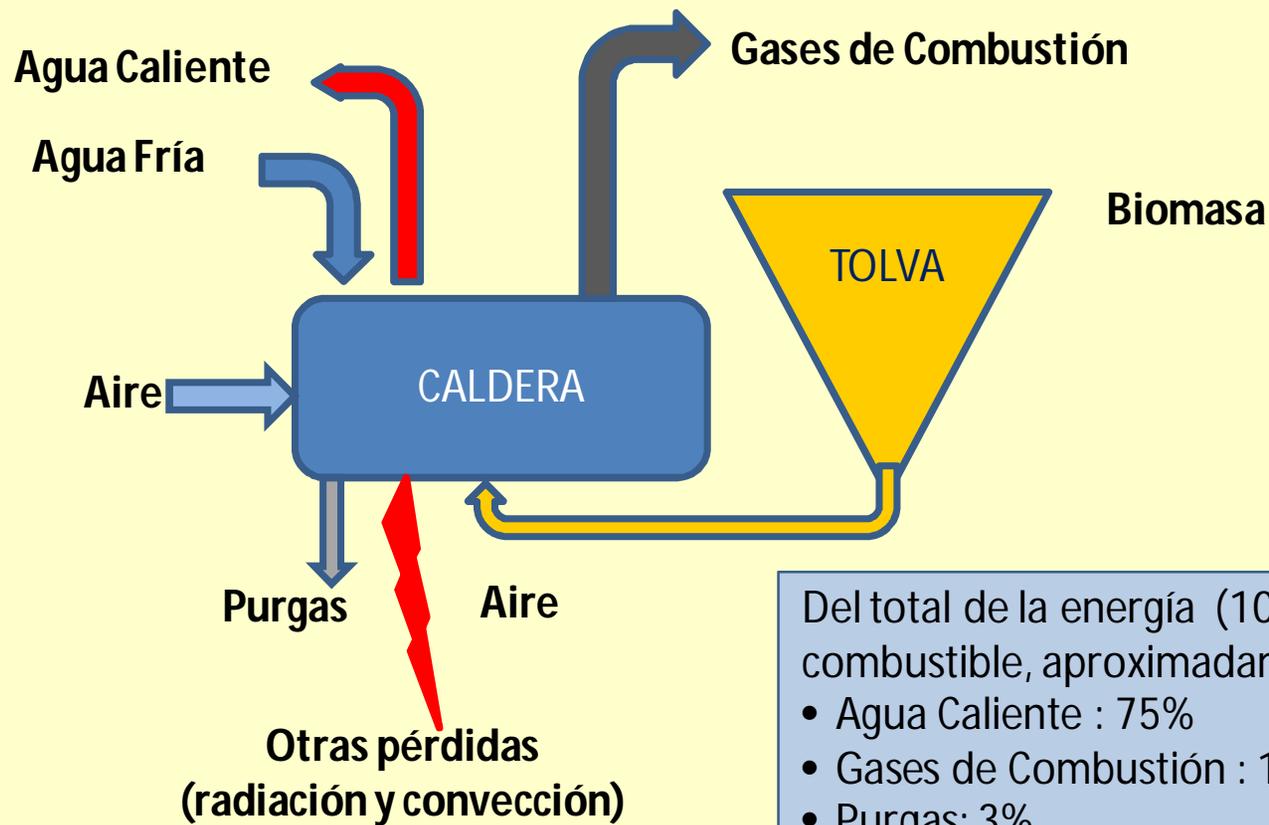
+ Recuperación e Condensado

+ Temperatura de gases de combustión - Economizadores

+ Régimen de Purgas – Recuperación de calor



CALDERAS



Del total de la energía (100%) que entra en el combustible, aproximadamente, se obtiene:

- Agua Caliente : 75%
- Gases de Combustión : 12%
- Purgas: 3%
- Otras pérdidas : 10%

MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- × Sistemas Térmicos
 - + Circuitos de Vapor
 - × Aislación de Cañerías de Vapor, Equipos Térmicos y Accesorios de la Red de Vapor
 - × Reducción de red de vapor
 - × Trampas de vapor

AISLACIÓN

AISLACION DE ESTANQUE



MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- × Sistemas Eléctricos
 - + Motores de Alta Eficiencia
 - + Factor de Potencia
 - + Iluminación
 - + Aire comprimido
 - × Red y singularidades
 - × Fugas
 - × Temperatura de succión
 - × Recuperación de calor
 - + Transformadores sobredimensionados
 - + Generación /Cogeneración
 - + Bombas



MOTORES ELECTRICOS

- ✘ La potencia útil del equipo depende del rendimiento del motor y del rendimiento del equipo (ventilador, bomba, compresor, etc.)
- ✘ En los motores las pérdidas aproximadamente se distribuyen en:
 - + Pérdidas de Cu : Efecto Joule en circuitos (conductores) 60%
 - + Pérdidas de hierro: pérdidas magnéticas en el núcleo 20%
 - + Pérdidas mecánicas: roce y ventilación 10%
 - + Otras pérdidas 10%



MOTORES ELECTRICOS

El rendimiento de un motor se puede ver alterado por:

- ✘ Condiciones electromecánicas:
 - + Voltaje variable
 - + Frecuencia variable
 - + Voltajes o Corrientes trifásicos desbalanceados
 - + Carga mecánica diferente a la nominal.
- ✘ Condiciones ambientales
 - + Temperatura ambiente
 - + Humedad ambiental
 - + Altura sobre el nivel del mar
- ✘ Mantenimiento
 - + Reparaciones, lubricación, aislación



MOTORES ELECTRICOS

- ✘ Características de los motores de alta eficiencia
 - + Mayor sección de conductores del estator.
 - + Menores densidades de flujo magnético y/o núcleos de mejor calidad.
 - + Ventiladores de menor potencia y livianos.
 - + Rodamientos de mejor calidad.

NORMA	Standard	Alta Eficiencia	Premium
<u>NEMA</u>	Pre-EPAct1	EPAct2	NEMA Premium
IEC	Standard	EFF2	EFF1

MOTORES ELECTRICOS



✘ SinaSave

✘ <http://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/engineering-software/sina-save/pages/sina-save.aspx>

Programa de ahorro de energía SinaSave® - [Sin título]

Archivo Edición Datos del proyecto Ajustes Ver Ayuda

SIEMENS

Introducciones | Resultados | Gráfico

1. Premium Efficiency

Número de revoluciones: 1LA03244ES.

Potencia del motor en kW: 29,83

Número de revoluciones: 1800

Serie de motores: Severe Duty

Carga del motor: 4/4

Rendimiento en %: 94,10

Horas de funcionamiento p/año: Cualquiera (5000h)

Costos de energía en USD/kWh: 0,125

Consumo de energía eléctrica p/año en kWh: 158.502,00

Costos de energía p/año en USD: 19.813

Precio de lista en USD: 2.992

Descuento para el cliente en %: 50,00

Precio para el cliente en USD: 1.496

2. Motor cualquiera

30,00

1800

4/4

Cualquiera (5000h)

0,125

3. Cálculo de la amortización

Número de motores: 3 | Ahorro p/año en kWh: -475.505

Tiempo de amortización del precio adicional del motor en horas de funcionar: 0 | Ahorro p/año en USD: -59.438

Avisos

Para obtener ayuda, presione F1.

11:14
14-01-2018



MOTORES ELECTRICOS

Compresor Túnel de Frío
Adquisición de Motor de 30 kW

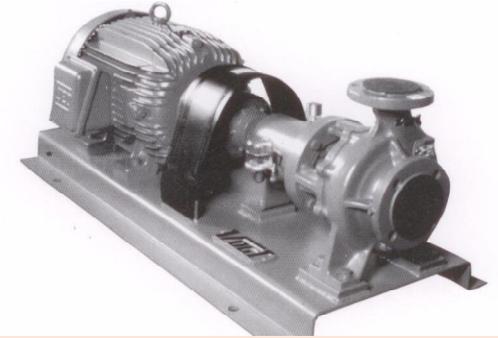
Potencia del Motor	30 kW	3 unidades	
Régimen de Funcionamiento	20 h/día	250 días/año	
Horas de funcionamiento	5.000 horas/año		
Costo monómico de la energía	\$ 75,0 /kWh		
Tipo de Motor	Convencional	Alta Eficiencia	Diferencia
Eficiencia	89,6%	93,6%	
Valor comercial	\$ 1.500.000	\$ 1.750.000	\$ 750.000
Costo Operacional anual	\$ 37.684.234	\$ 36.057.692	\$ 1.626.542
Periodo Retorno Inversión	6 meses		

SELECCIÓN DE TRANSFORMADOR

TRANSFORMADOR



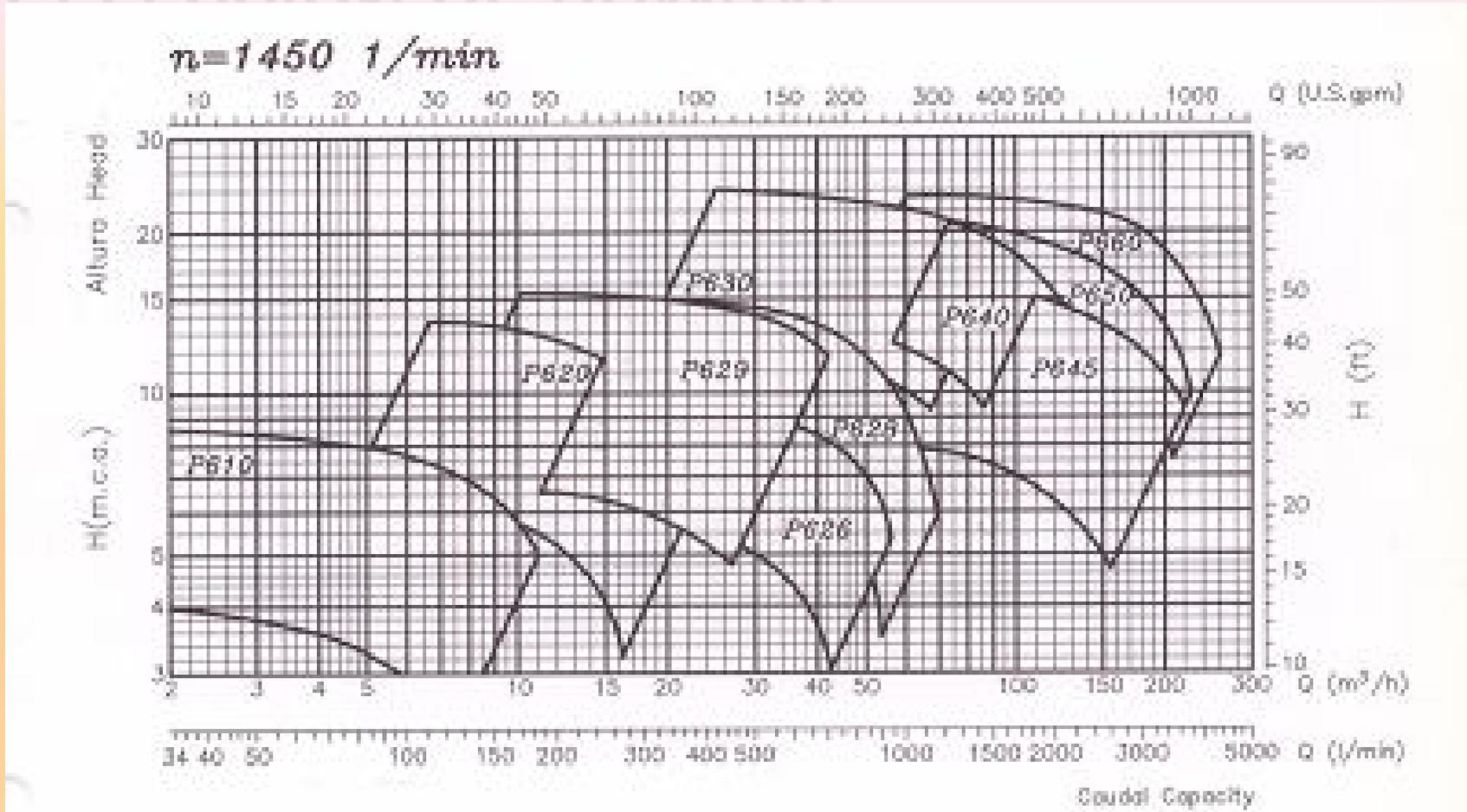
BOMBAS HIDRAULICAS



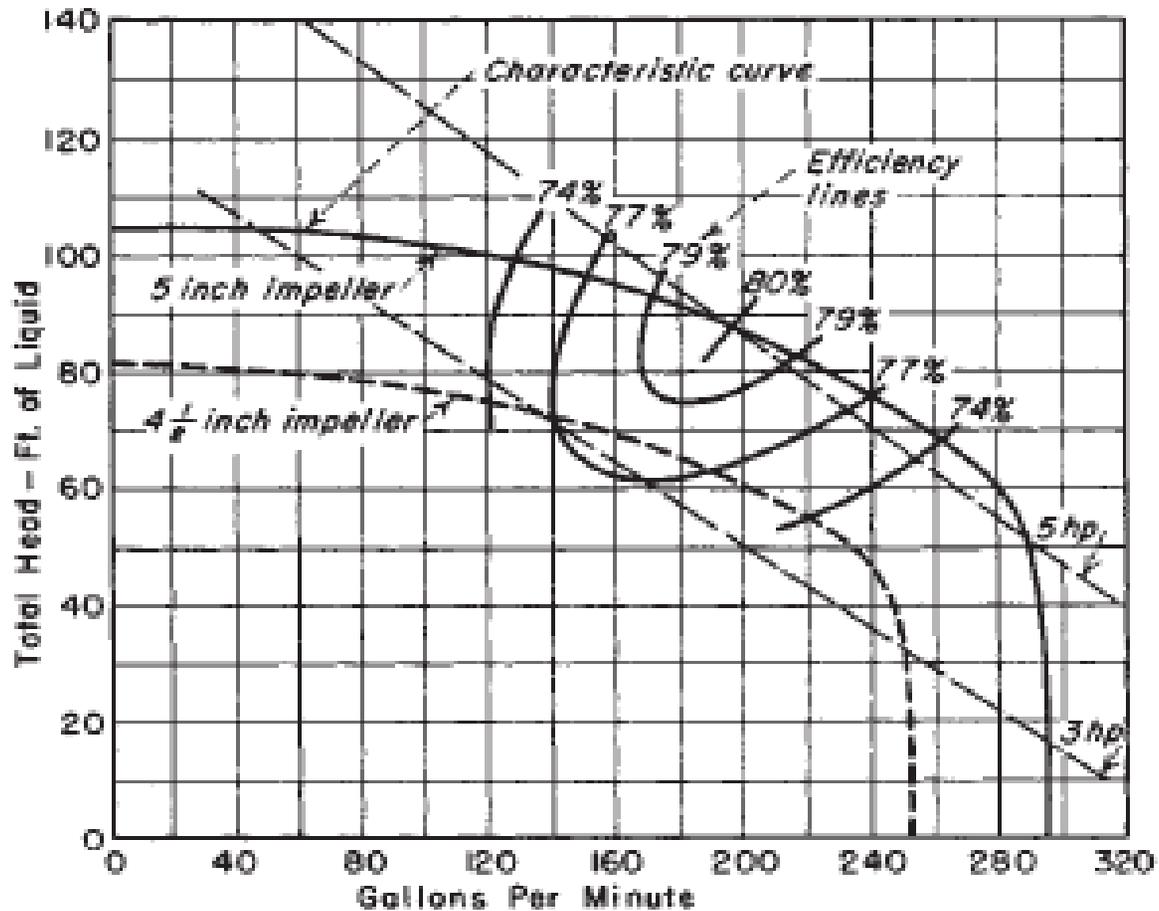
× Criterios de selección

- + Características del líquido a bombear (ρ , μ , p_v , etc.)
- + Requerimientos de presión y caudal
- + Necesidad de revestimiento (erosión, corrosión, etc.)

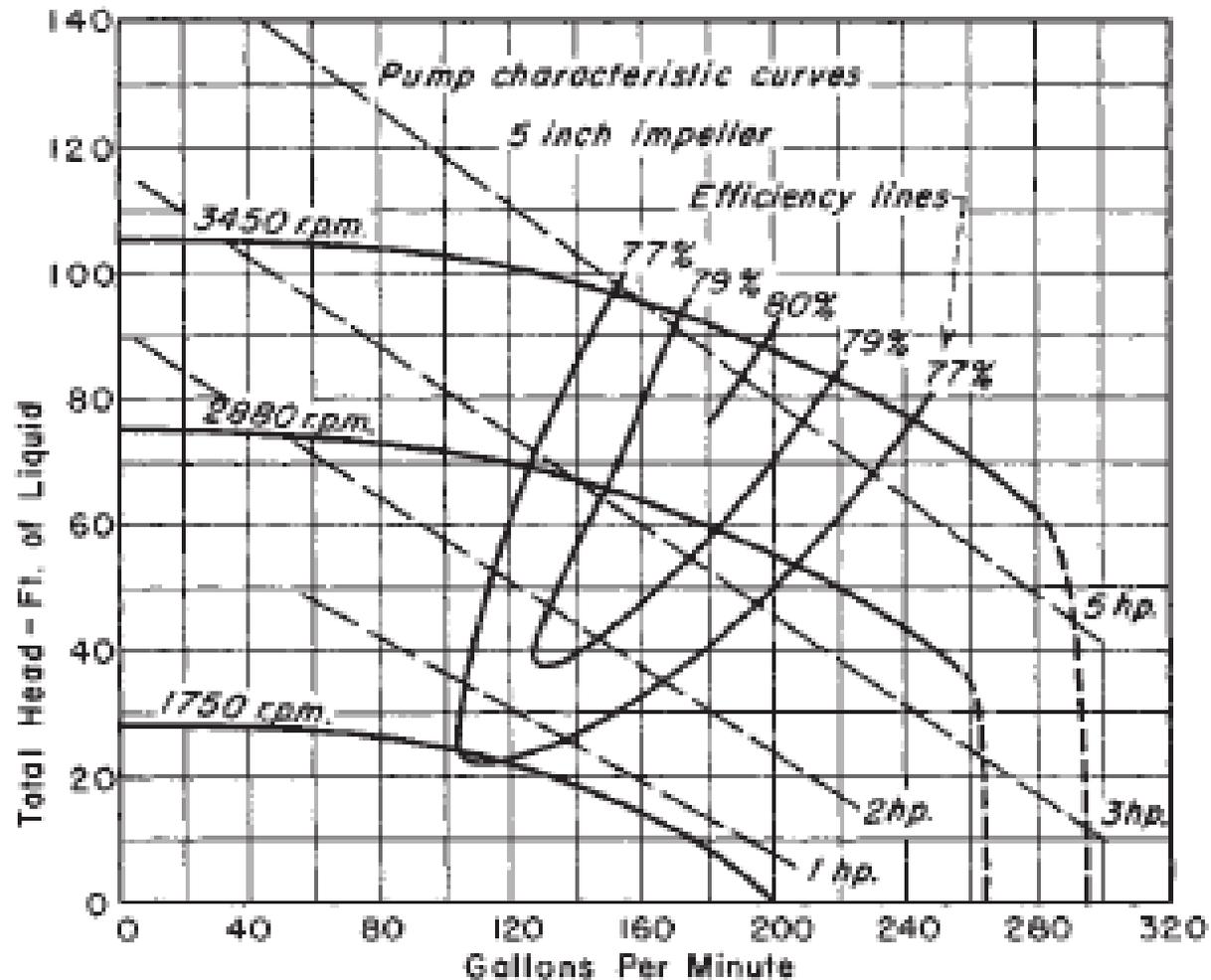
SELECCIÓN DE BOMBAS



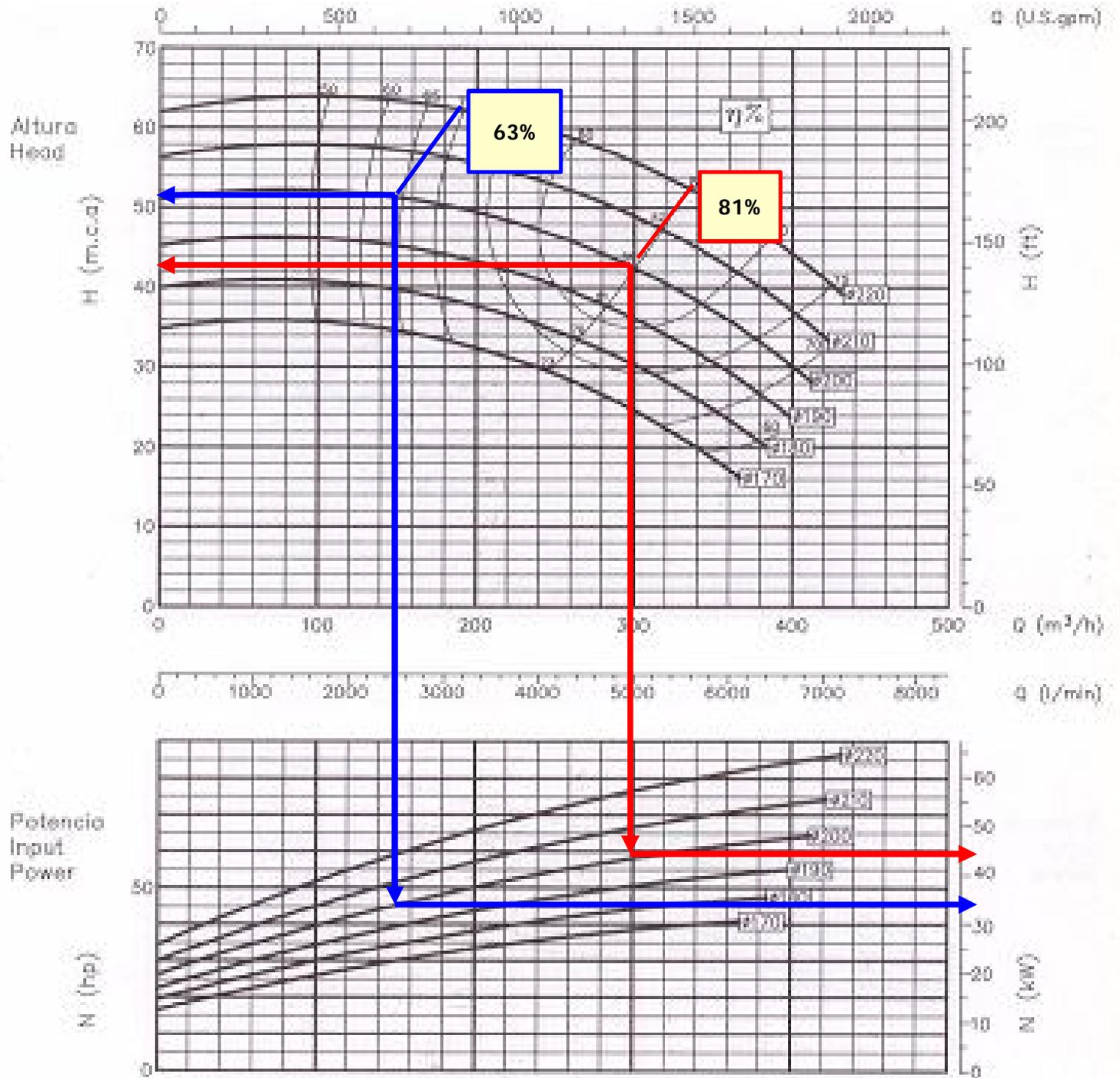
CURVA CARACTERISTICA DE BOMBA



CURVA CARACTERISTICA DE BOMBA



POTENCIA



CONSUMO ESPECIFICO

- × Para 300 m³/h
- × Se requiere una potencia de 45 kW

$$\frac{45\text{kW}}{300 \text{ m}^3/\text{h}}$$

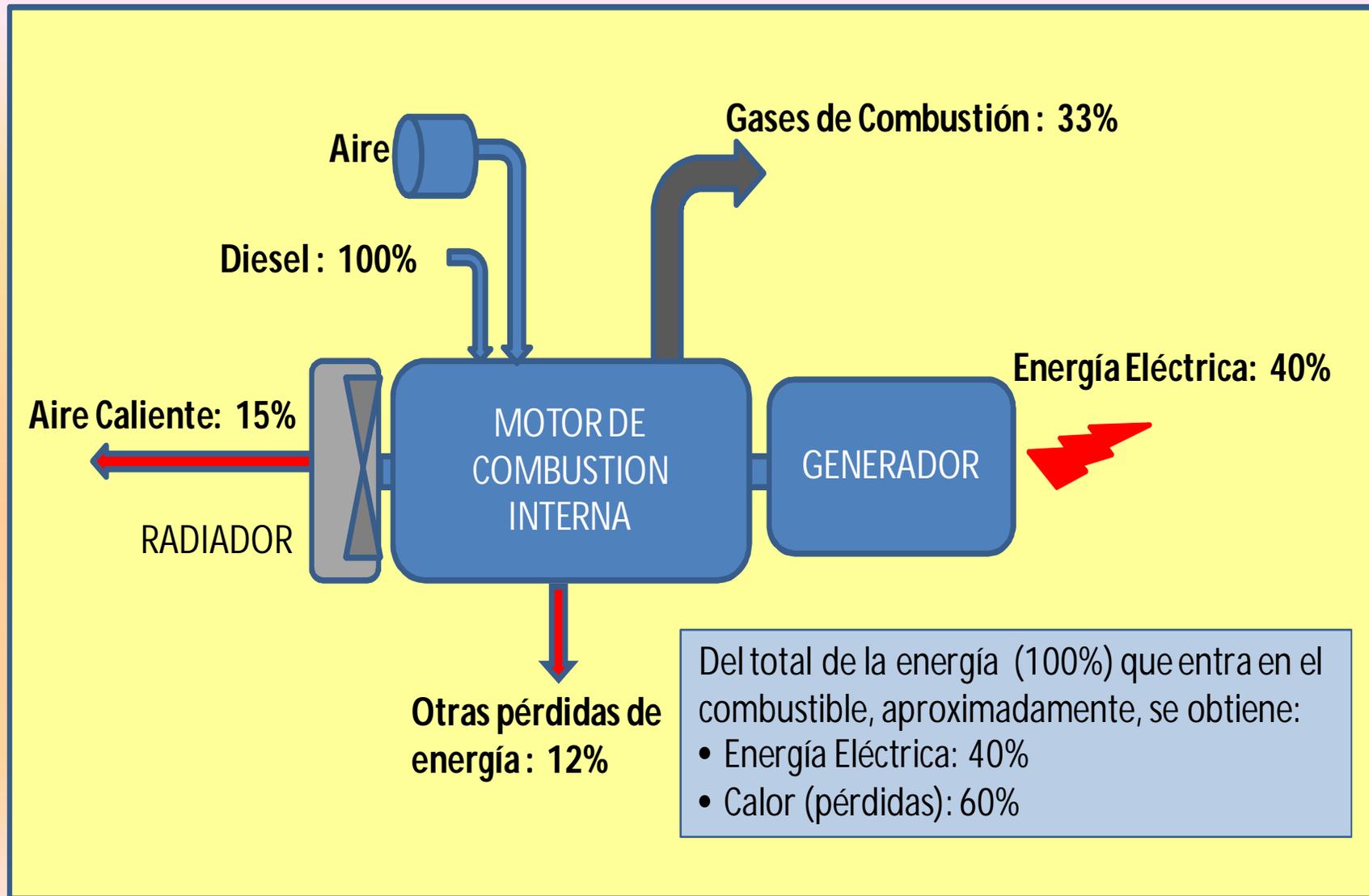
- × Resulta
0,15 kWh/m³

- × Para 150 m³/h
- × Se requiere una potencia de 35 kW

$$\frac{35\text{kW}}{150 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- × Resulta
0,23 kWh/m³

GENERACIÓN ELÉCTRICA



GRUPO ELECTRÓGENO + CALDERA



100 L/h

Costo: \$500/L

Rendimiento Global: 51 %

540 kW
Costo: \$ 93/kWh

Fuente: Elaboración Propia

COGENERACIÓN



Fuente: Elaboración Propia

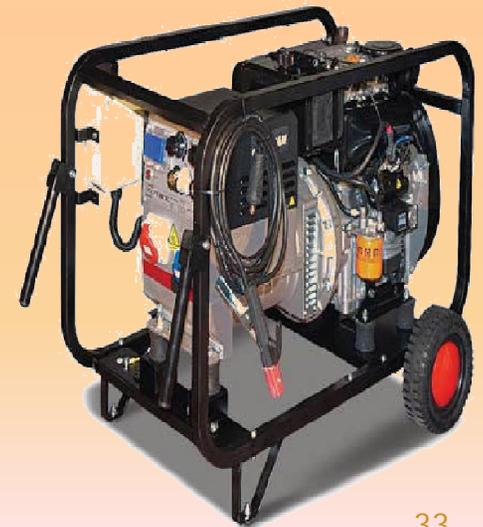
CONCLUSIÓN

- ✘ El uso de unidades de cogeneración permite utilizar una misma tecnología para obtener energía eléctrica y calor desde una misma fuente primaria (combustible)
- ✘ Se mejoran los rendimientos desde un 51% a un 78%
- ✘ Se reducen los costos en torno a un 35%.
- ✘ Otros aspectos:
 - + Se opera con un solo equipo
 - + Se reducen los costos de mantenimiento
 - + Los grupos electrógenos tradicionales pueden ser adaptados para recuperar el calor.
 - + Menor costo financiero al requerir menos combustible.
 - + Se reducen las emisiones (Huella de C)

COGENERACION

- + Condiciones de Operación
 - × Potencia
 - × Régimen de funcionamiento
 - × Factor de carga

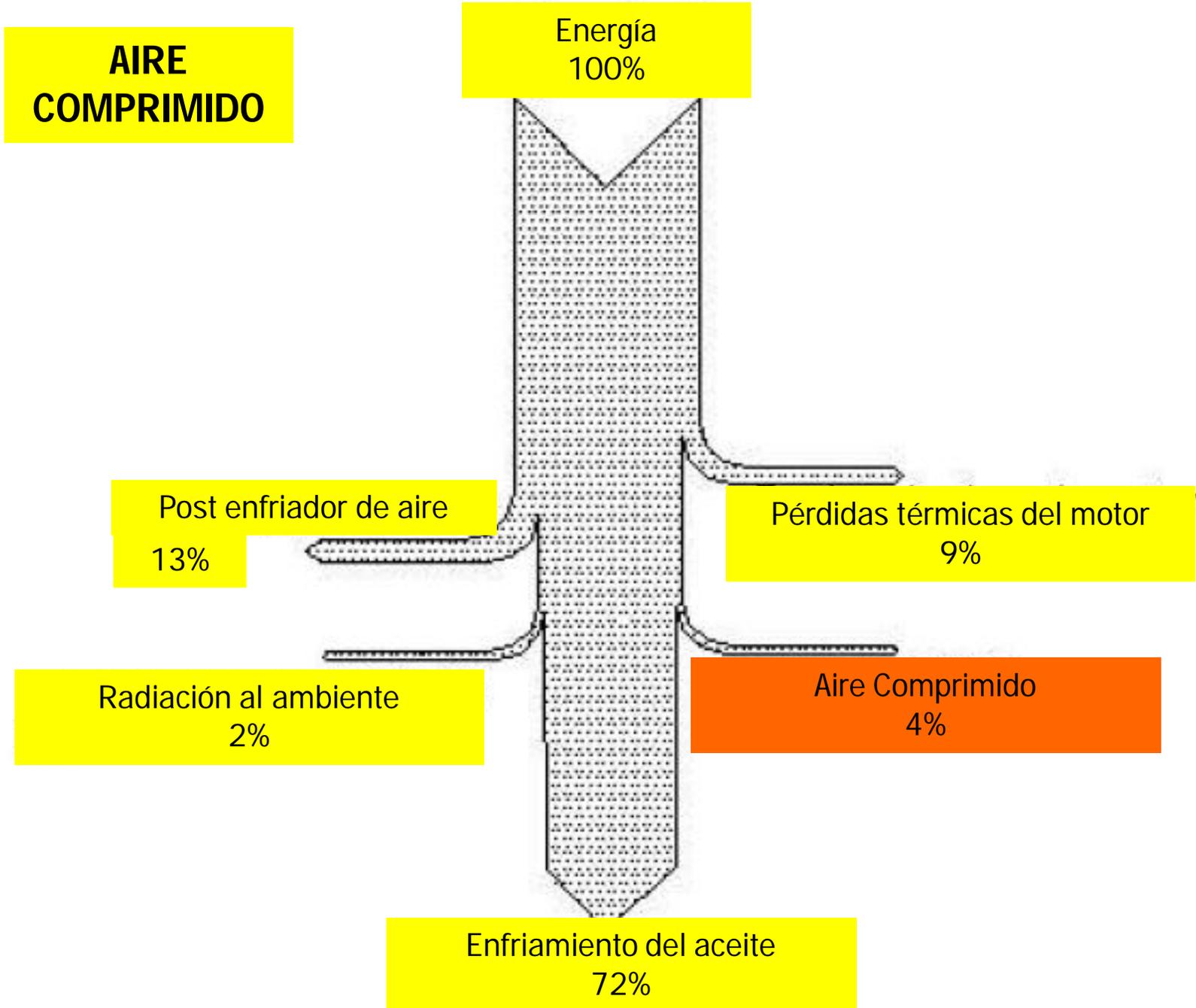
- + Requerimientos de energía térmica
 - × ACS – Calefacción – Proceso
 - × Temperaturas (calidad/nivel térmico)
 - × Caudales
 - × Ciclos de Operación



COMPRESORES DE AIRE

- + Condiciones de Operación
 - × Presión
 - × Caudal
- + Tk acumulación
- + Circuitos – Anillos
- + Fugas
- + Válvulas
- + Recuperación de calor
 - × Aire
 - × Aceite





GESTIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

- ✘ Para una buena gestión de aire comprimido se recomienda tomar las siguientes medidas:
 - + Instruir al personal, en el uso adecuado del recurso, sus costos y riesgos.
 - + Producir aire comprimido en las condiciones de caudal y presión requeridas por el proceso. Presiones excesivas son costos que se pierden.
 - + Instalar llaves de paso tipo bola en todos los ramales, permitirá aislar equipos que no están siendo utilizados.

GESTIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

- ✘ Para una buena gestión de aire comprimido se recomienda tomar las siguientes medidas (cont.):
 - + Detectar y eliminar las fugas, ajustar bien las conexiones, reparar los accesorios con fallas.
 - + Los equipos que utilicen aire comprimido, deben conectarse con la menor cantidad de uniones posibles.
 - + Si no es posible eliminar algunas fugas de inmediato, se puede localizar o marcar las fugas con una señal de alerta y eliminarlas cuando se detenga la planta



diámetro del orificio (mm)	caudal de aire @ 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



Con un compresor de tornillo	Potencia nominal motor (kW)	Rendimiento térmico máx. disponible		Agua caliente Calentamiento a 70 °C	
		kW	MJ/h	(ΔT 25 °C) m ³ /h	(ΔT 55 °C) m ³ /h
Modelo					
ASK 27	15	13,0	47	0,45	0,20
ASK 32	18,5	15,8	57	0,54	0,25
ASK 35	22	17,8	64	0,61	0,28

ILUMINACION

LUMINARIAS EXISTENTES

Recinto	Área	Lámparas HM 445 W	Tubos FL 62 W	Potencia Instalada	Flujo luminoso FL	Flujo luminoso HM
	m ²	unid.	unid.	W	lm	lm
1	242		48	2.976	184.704	0
2	242	6	0	2.670	0	186.900
3	2.212	44	48	22.556	184.704	1.370.600
4	2.212	23	194	22.263	746.512	716.450
5	3.325	7	324	23.203	1.246.752	218.050
6	1.459	20	52	12.124	200.096	623.000
7	2.250	2	510	32.510	1.962.480	62.300
TOTAL	11.941	102	1.176	118.302	4.508.784	3.177.300

ILUMINACION

PROYECTO

Recinto	Área	Lámparas HM 150W	Tubos FL 10 W	Potencia Instalada	Flujo luminoso FL	Flujo luminoso HM
	m ²	unid.	unid.	W	lm	lm
1	242	0	48	480	86.400	0
2	242	7	0	788	0	137.813
3	2.212	48	48	6.255	86.400	1.010.625
4	2.212	25	194	4.959	349.200	528.281
5	3.325	8	324	4.159	583.200	160.781
6	1.459	22	52	3.145	93.600	459.375
7	2.250	2	510	5.363	918.000	45.938
TOTAL	11.941	112	1.176	25.148	2.116.800	2.342.813

ILUMINACION

✘ Ahorro Energético

- + Diferencia de Potencia: $118,3 - 25,1 \text{ kW} = 93.2 \text{ kW}$
- + Horas de Operación: 4.000 h/año
- + **Menor consumo de energía: 372.000 kWh/año**
- + Valor Energía: \$ 80/kWh
- + **Ahorro económico: MM\$ 29,8**

ILUMINACION

× Costo mantenimiento:

- + Vida útil luminarias anteriores: 9000 h
- + Vida útil luminarias nuevas : 45000 h
- + Costo mantenimiento anterior: MM\$ 28,7/año
- + Costo Mantenimiento nuevo: MM\$ 5,7/año
- + Ahorro en Mantenimiento: MM\$ 23,0/año

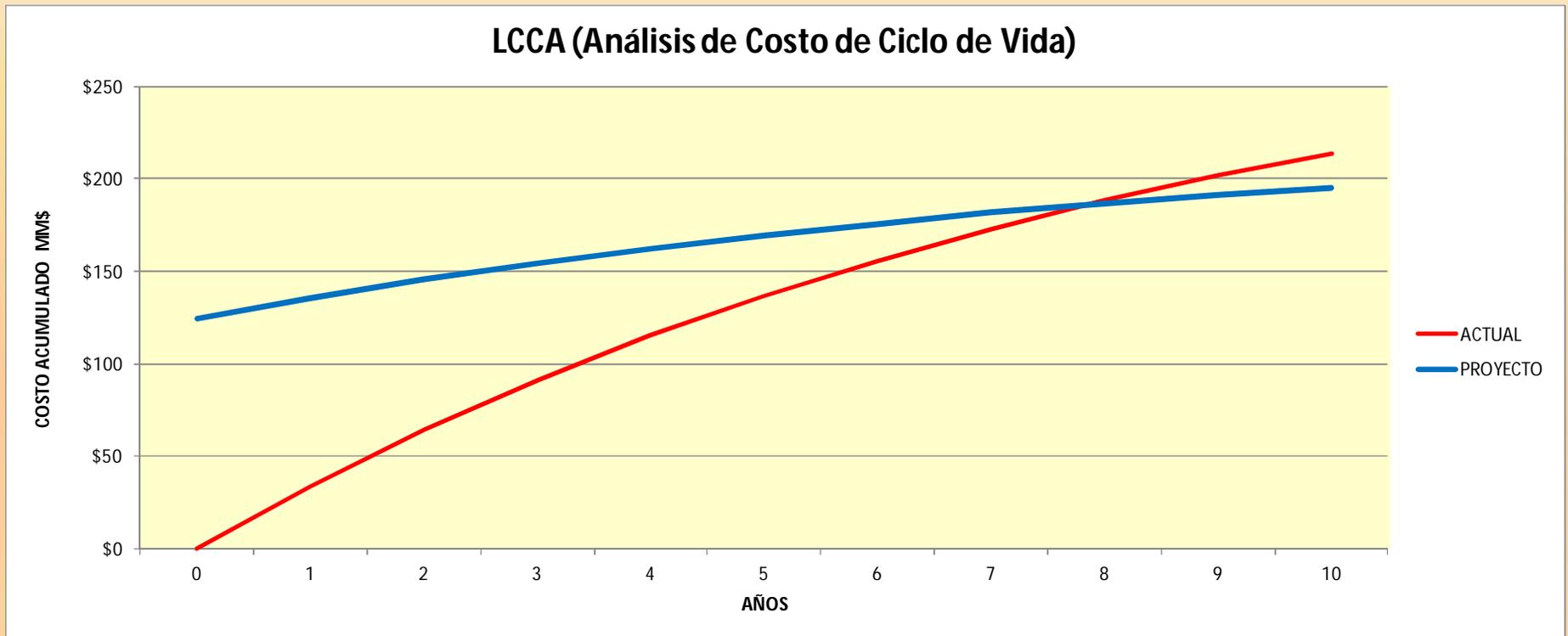
ILUMINACION

- × Ingresos/ahorros: MM\$ 52,8/año
- × Inversión: MM\$ 124

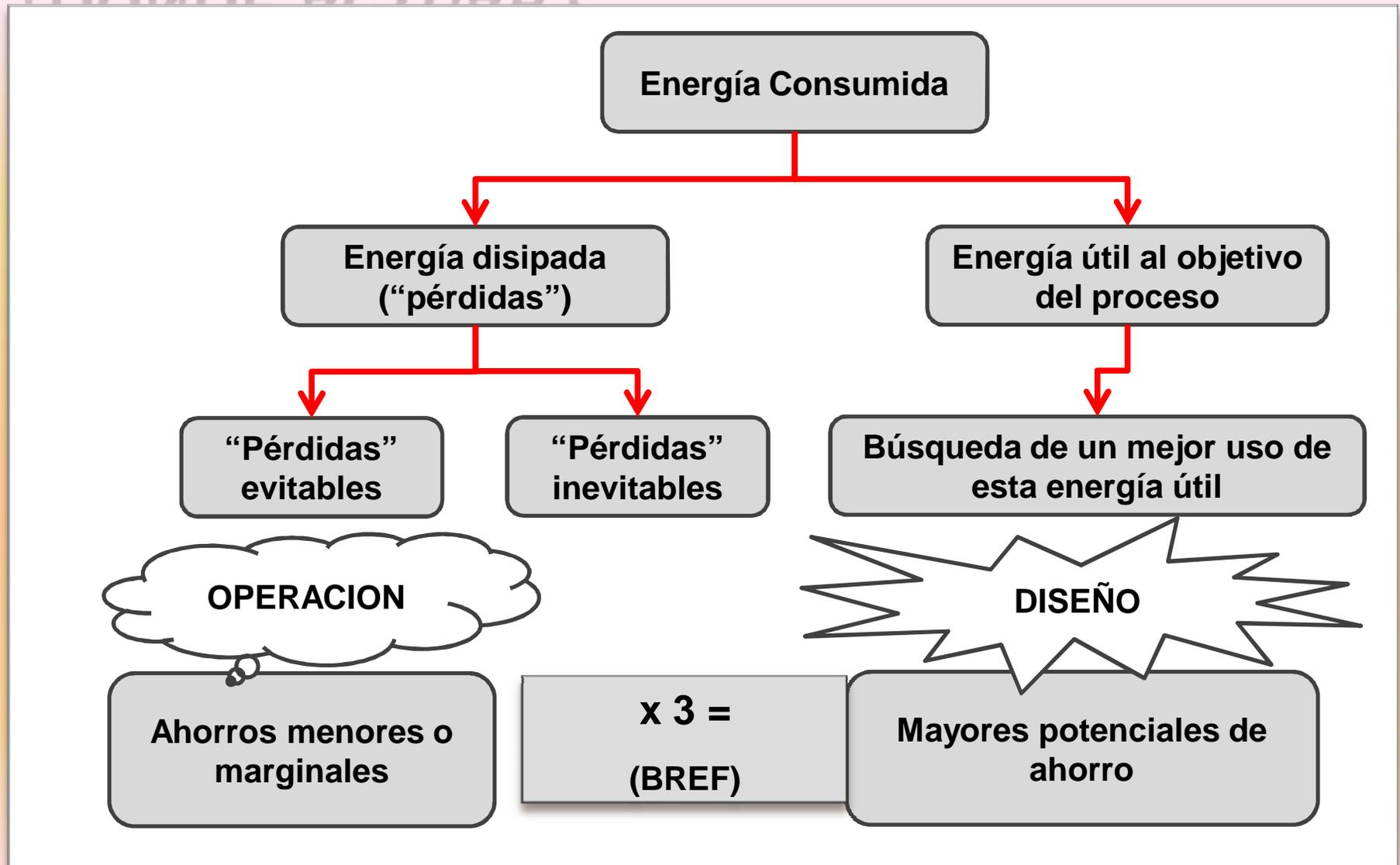
- × Tasa de referencia: 12%
- × Período de evaluación: 10 años

- × VAN: MM\$ 156
- × TIR: 41%
- × PRI: 2,3 años

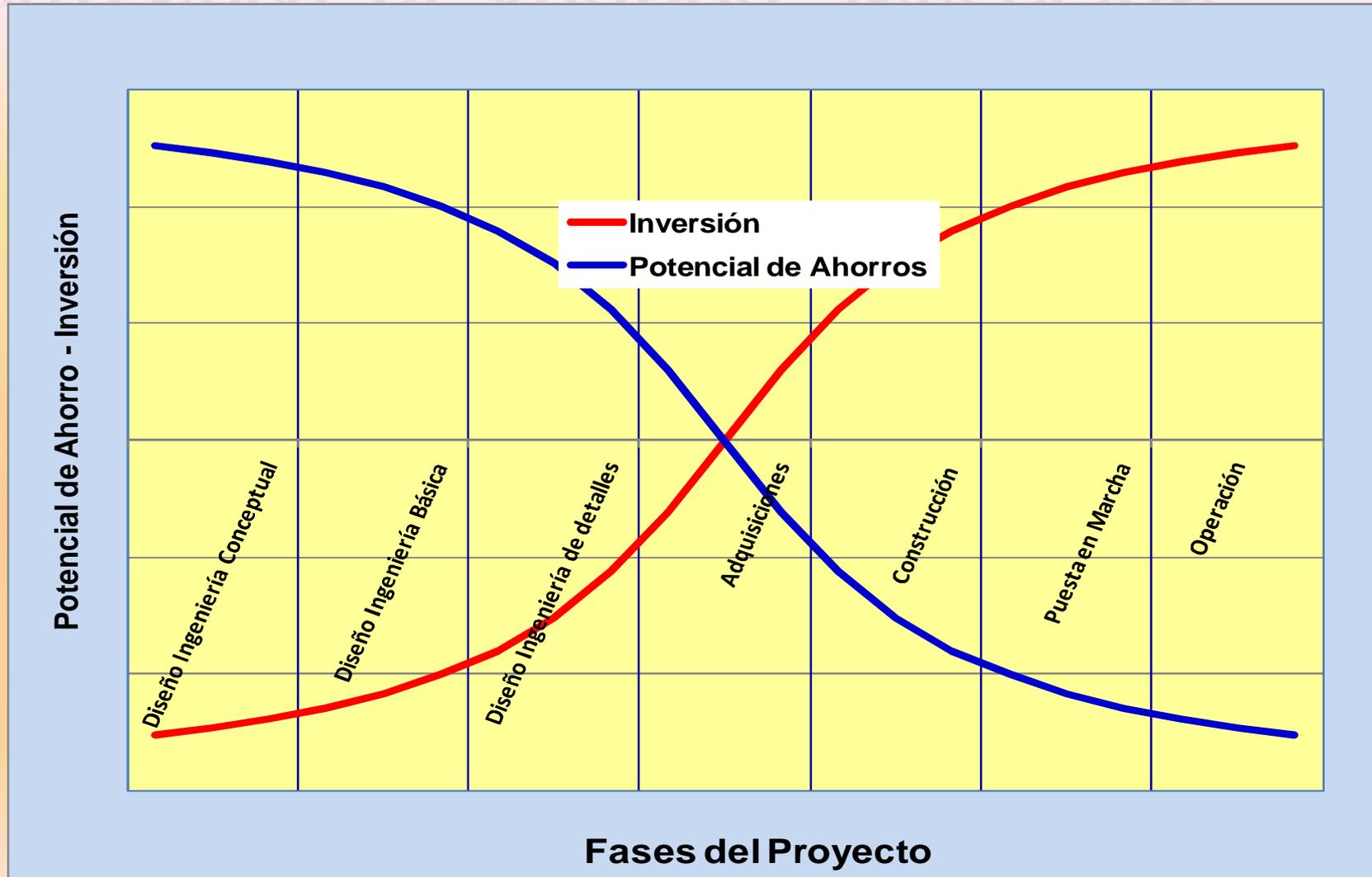
ILUMINACION



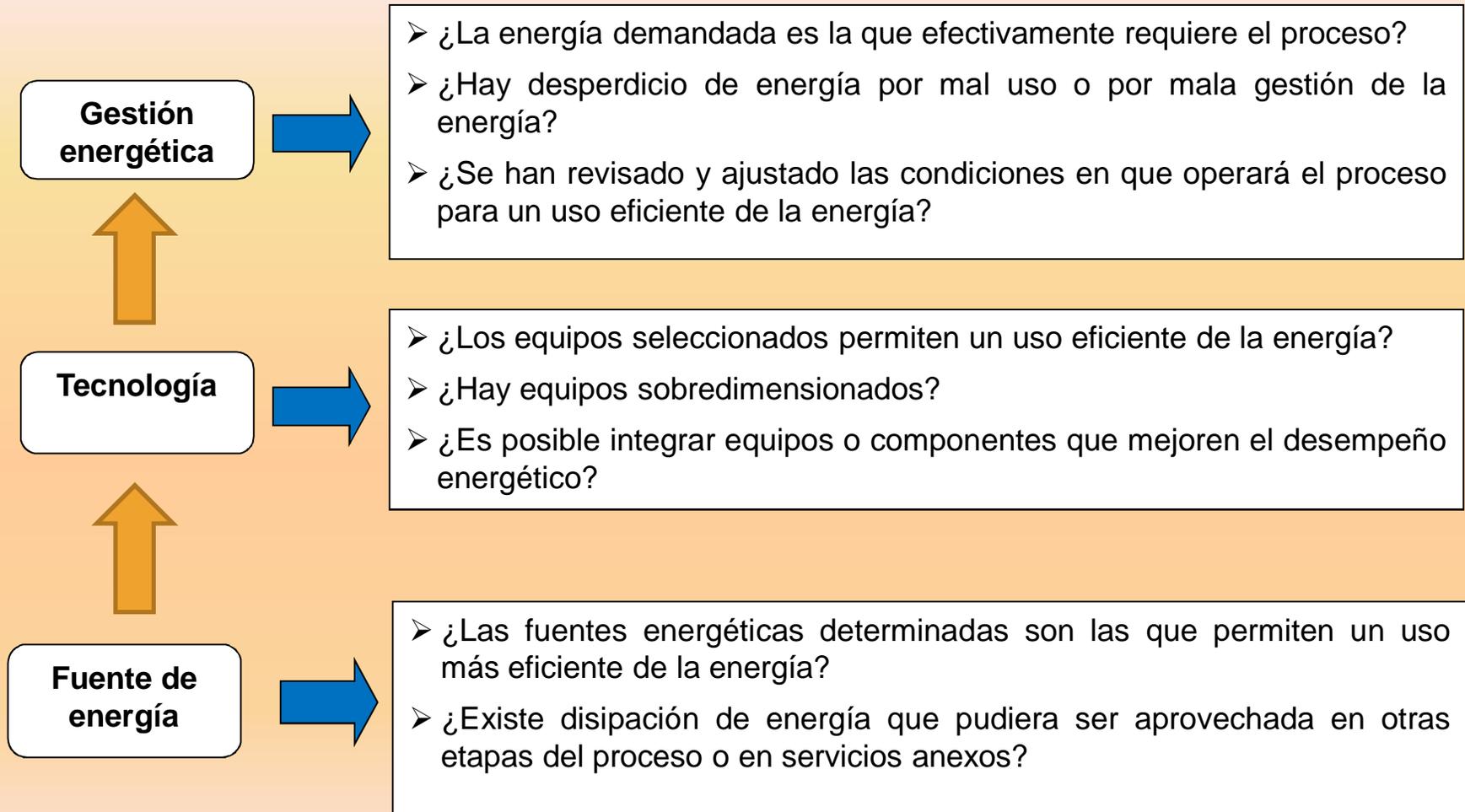
¿DONDE ACTUAR?



POTENCIAL DE AHORRO - INVERSIÓN



INICIO DEL CAMINO HACIA UNA GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA





MEDIDAS DE OPTIMIZACION DE PROCESOS RELEVANTES

Ricardo Cereceda O.

RCEE / CEM / CMVP

Gerente de Proyectos

Ingeniería Proquilab Ltda.

+56 9 9919 7132

