



SISTEMAS FRIGORÍFICOS EN EL FUTURO PRÓXIMO. LOS REFRIGERANTES: MEDIO AMBIENTE, EFICIENCIA, SEGURIDAD

- Presenta: Ing. EDGARDO MONUTTI.

VMC REFRIGERACIÓN S.A.

EVOLUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES

COMIENZOS DEL SIGLO XX

Industria Frigorífica incipiente utilizando CO_2 , NH_3 , y SO_2 en ciclos de compresión desplazando a los ÉTERES, y máquinas de absorción con NH_3 y AGUA.

Los refrigerantes son INFLAMABLES, o TÓXICOS, o CORROSIVOS. El CO_2 requiere presiones de trabajo muy elevadas . Alto nivel de accidentes mortales.

1920-1930: se expanden instalaciones de pequeña potencia utilizando principalmente SO_2 y CH_3Cl (cloruro de metilo). Ambos altamente tóxicos.

EVOLUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES

- 1932 – CARRIER. CFC-11.
- 1933 – CARRIER. CFC-114 en centrífugos.
- 1935 – CFC-21 en heladera domésticas.
- **1936 – HCFC-22**
- 1945 – CFC-13 para bajas temperaturas.
- 1950 – R-500 (Azeótropo)
- 1952 – R-502 (Azeótropo)

EVOLUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES

- 1974 – Refrigerantes y Capa de OZONO
- 1987 – Protocolo de Montreal
- 1990´s. Aparecen en el mercado nuevos fluidos HFC (R-134a) y comienzan a proliferar las mezclas: refrigerantes zeotrópicos y azeotrópicos (R-404A, R-507, ...) >> COSTOS, Aceites Sintéticos
- Se definen fechas de eliminación de los CFC y HCFC:
 - 2001. Prohibición de CFC en Europa
 - 2015. Prohibición total de HCFC en Europa
 - 2030. Prohibición total de HCFC países desarrollados fuera de CEE
 - 2040. Prohibición total de HCFC países subdesarrollados
- 1997 – Protocolo de KYOTO

EVOLUCIÓN DE LOS REFRIGERANTES

- 2016 – Enmienda de KIGALI: Modificación Protocolo de Montreal. Se definen fechas de eliminación de HFC:
 - USA y Unión Europea congelarán producción y consumo de HFC en 2018
 - China, Brasil, Argentina, Sudáfrica entre otros congelan en 2024
 - India, Pakistán, Irán, Arabia Saudita, y Kuwait congelan consumo en 2028
 - A partir de congelar se inicia proceso de reducción de consumos con compromisos de reducción en un 80% para 2045, excepto India que reducirá en 2047
- Actualidad – Nuevos refrigerantes “ecológicos”
 - R-32 – HFC con menor GWP y mayor eficiencia energética
 - R-513A – HFC/HFO con bajo GWP, reemplazo del R-134a
 - R-1234ze – HFO (Hidrofluoro olefino). Uso en unidades enfriadoras
 - R-1234yf – HFO (Hidrofluoro olefino). Uso en AA de automoviles

LOS REFRIGERANTES HOY

CFC	R11	R12	R502	R503	R113E1	R13	R131	OTROS
HCFC	R22	R123	R136	R144	R403B	R405A	R407A	OTROS
HFC	R134a	R113E1	R407C	R507	R407C	R417A	R510	R32
HFO	R1234yf	R1234ze	...	???				
HIDROCARBUROS	R290 (Propano)		R600a (Isobutano)					
INORGÁNICOS	R717 (Amoníaco)		R744 (CO2)					

PROHIBIDOS
PROHIBIDOS, Y EN VIAS DE ...
CON FECHA DE ELIMINACIÓN

LOS REFRIGERANTES HOY

REFRIGERANTE	Grupo	Aplicaciones
R – 717	Amoníaco	Todos los usos industriales, refrigerante primario en sistemas en cascada con CO2 o glicoles
R – 22	HCFC	Productoras de Hielo, Cámaras baja y media temperatura
R – 134A	HFC	AA Centralizados, Split, Heladeras, Autos, bombas de calor
R – 404A	HFC	Cámaras Bajas Temperaturas, Productoras de hielo
R – 410	HFC	Aire acondicionado, Unidades Enfriadoras
R – 32	HFC bajo GWP	AA Split, Unidades Enfriadoras, Bombas de Calor (Reemp. 410A)
R – 1234yf	HFC	Industria Automotriz
R – 1234ze	HFC	Unidades Enfriadoras de Media y Elevadas Capacidades, Bombas de Calor
R – 744	CO2	Centros Distribución y Supermercados: Sistemas Transcríticos, Brain
R – 290	Propano	Aplicaciones Frigoríficas Oil & Gas. Autocontenidos.
R – 600a	Isobutano	Refrigeración doméstica: autocontenidos c/carga menor a 150 gr

LOS REFRIGERANTES y el FUTURO

¿Qué define la elección del mejor refrigerante?

- AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE
- PROPIEDADES TERMODINÁMICAS / EFICIENCIA
- SEGURIDAD (TOXICIDAD, INFLAMABILIDAD, ..)

LOS REFRIGERANTES y el FUTURO

HFC (HIDROFLUORCARBUROS) en periodo de caducidad

- **GWP > 750 en Europa prohibidos para equipos nuevos**
- **R410A (1975), R134a (1430), R404a (3750) saliendo del mercado**
- **R32 (675, leve inflamabilidad) como sustituto temporario**

HFO (HIDROFLUORO OLEFINAS) A2L (Inflamabilidad baja)

- **R1234 YF Industria Automotriz**
- **R1234 ze Unidades Enfriadoras**

LOS REFRIGERANTES y el FUTURO

DIÓXIDO DE CARBONO = R744 = CO₂

- **GWP = 1** (mínima afectación x efecto invernadero).
- **COP aceptable** para aplicaciones de baja temperatura.
- **Unidades de Enfriamiento muy compactas.**
- **Presiones de Trabajo elevadas. Descongelamientos (!?).**
- **Aplicación en supermercados, sistemas transcíticos, almacenes de congelados de centros de distribución, fluido secundario.**

LOS REFRIGERANTES y el FUTURO

PROPANO = R290 = HC

- **GWP = 3 (muy baja afectación x efecto invernadero)**
- **Excelentes propiedades termodinámicas / Alto COP**
- **Altamente Inflamable. Explosivo.**
- **Aplicaciones particulares en zonas clasificadas de explotaciones de Gas y Petróleo. Autocontenidos (con cargas menores a 150 g). En refrigeración doméstica utilización Propano e Isobutano.**

LOS REFRIGERANTES y el FUTURO

AMONÍACO = R717 = NH₃

- 100% Ecológico / Mejor COP (mayor eficiencia)
- Tóxico / Inflamable bajo ciertas condiciones
- Requiere instalaciones seguras, bajo normas (IIAR, ASHRAE), mantenimiento permanente y personal adecuadamente capacitado
- Sin discusión es el pasado, el presente y el futuro en plantas de Frío Industriales, que extenderá su utilización como refrigerante primario en cascadas con CO₂ o glicoles.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

Instalaciones EFICIENTES. Donde está la diferencia??

- **COMPRESORES.** Tipo. Modulación Carga. Accionamientos.
- **SISTEMA.** Simple Etapa. Doble Etapa. Fluido Secundario. Expansión. Gravedad. Recirculación por bombeo.
- **MANTENIMIENTO.** Integridad máquinas y componentes. Purgas de Aceite. Purgas de Incondensables. Pureza NH₃.
- **AUTOMATIZACIÓN.**

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

COMPRESORES:

- ALTERNATIVOS.



- TORNILLOS.



INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

COMPRESORES ALTERNATIVOS vs TORNILLOS

- Menor Costo Inversión Inicial.
- Menor Complejidad Mecánica. Controles y protecciones + sencillas.
- Modulación capacidad por pares. Consumo potencia proporcional.
- A mayor tamaño (pares/cilindros) mayor costo en reparaciones.
- Compresores más “grandes” son comparativamente < eficientes.
- Desgaste con las horas de marcha = mayor arrastre de aceite.
- En una sola etapa (un compresor) limitado a una mínima de -20°C.
- En la práctica son competitivos hasta 100/125 CV

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

COMPRESORES ALTERNATIVOS: PARÁMETROS

Compresores ALTERNATIVOS										
	Succión		Descarga		Velocidad	Desplazamiento	Rendimiento	Potencia Abs.	COP	Temp. Desc.
VMC 4-127	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	319 m ³ /h	150.700 Kcal/h	47,5 Kw	3,69	115,0 °C
VMC 4-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar			89.500 Kcal/h	40,2 Kw	2,59	130,0 °C
VMC 4-127	-25,0 °C	0,55 Bar	35,0 °C	12,70 Bar			66.300 Kcal/h	36,0 Kw	2,14	138,0 °C
VMC 4-127	-35,0 °C	-0,05 Bar	35,0 °C	12,70 Bar			RELACIÓN DE COMPRESIÓN NO ADMISIBLE - TEMP. DESCARGA MUY ALTA			
VMC 8-127	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	638 m ³ /h	301.500 Kcal/h	95,0 Kw	3,69	115,0 °C
VMC 8-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar			178.900 Kcal/h	80,4 Kw	2,59	130,0 °C
VMC 8-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar			132.400 Kcal/h	71,8 Kw	2,14	138,0 °C
VMC 8-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar			RELACIÓN DE COMPRESIÓN NO ADMISIBLE - TEMP. DESCARGA MUY ALTA			

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

COMPARACIÓN COMPRESORES ALTERNATIVOS vs TORNILLOS

Compresores ALTERNATIVOS vs. TORNILLOS										
	Succión		Descarga		Velocidad	Desplazamiento	Rendimiento	Potencia Abs.	COP	Temp. Desc.
VMC 4-127	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	319 m³/h	150.700 Kcal/h	47,5 Kw	3,69	115,0 °C
Howden XRV 127R1	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m³/h	162.000 Kcal/h	50,8 Kw	3,71	66,9 °C
VMC 4-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	319 m³/h	89.500 Kcal/h	40,2 Kw	2,59	130,0 °C
Howden XRV 127R1	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m³/h	104.000 Kcal/h	47,0 Kw	2,57	68,3 °C
VMC 4-127	-25,0 °C	0,55 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	319 m³/h	66.300 Kcal/h	36,0 Kw	2,14	138,0 °C
Howden XRV 127R1	-25,0 °C	0,55 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m³/h	82.000 Kcal/h	44,5 Kw	2,14	68,2 °C
VMC 4-127	-35,0 °C	-0,05 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	319 m³/h	RELACIÓN DE COMPRESIÓN NO ADMISIBLE - TEMP. DESCARGA MUY ALTA			
Howden XRV 127R1	-35,0 °C	-0,05 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m³/h	50.000 Kcal/h	39,9 Kw	1,46	67,7 °C
VMC 8-127	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	638 m³/h	301.500 Kcal/h	95,0 Kw	3,69	115,0 °C
Howden WRV163 145	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.475 RPM	638 m³/h	354.000 Kcal/h	103,0 Kw	4,00	68,7 °C
VMC 8-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	638 m³/h	178.900 Kcal/h	80,4 Kw	2,59	130,0 °C
Howden WRV163 145	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.475 RPM	638 m³/h	230.000 Kcal/h	93,8 Kw	2,85	69,9 °C
VMC 8-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	638 m³/h	132.400 Kcal/h	71,8 Kw	2,14	138,0 °C
Howden WRV163 145	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.475 RPM	638 m³/h	183.000 Kcal/h	90,2 Kw	2,36	70,5 °C
VMC 8-127	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	1.050 RPM	638 m³/h	RELACIÓN DE COMPRESIÓN NO ADMISIBLE - TEMP. DESCARGA MUY ALTA			
Howden WRV163 145	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.475 RPM	638 m³/h	109.000 Kcal/h	79,1 Kw	1,60	69,7 °C

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

COMPRESORES A TORNILLOS

Compresores a TORNILLOS: > Desplazamiento > Eficiencia (COP)										
	Succión		Descarga		Velocidad	Desplazamiento	Rendimiento	Potencia Abs.	COP	Temp. Desc.
Howden XRV 127R1	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m ³ /h	162.000 Kcal/h	50,8 Kw	3,71	66,9 °C
Howden WRV204 110	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	810 m ³ /h	463.000 Kcal/h	139,0 Kw	3,87	63,9 °C
Howden WRV255 193	-10,0 °C	1,97 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	2.630 m ³ /h	1.420.000 Kcal/h	401,0 Kw	4,12	66,3 °C
Howden XRV 127R1	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m ³ /h	104.000 Kcal/h	47,0 Kw	2,57	68,3 °C
Howden WRV204 110	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	810 m ³ /h	301.000 Kcal/h	126,0 Kw	2,78	63,9 °C
Howden WRV255 193	-20,0 °C	0,94 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	2.630 m ³ /h	923.000 Kcal/h	365,0 Kw	2,94	66,9 °C
Howden XRV 127R1	-25,0 °C	0,55 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m ³ /h	82.000 Kcal/h	44,5 Kw	2,14	68,2 °C
Howden WRV204 110	-25,0 °C	0,55 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	810 m ³ /h	239.000 Kcal/h	121,0 Kw	2,30	63,9 °C
Howden WRV255 193	-25,0 °C	0,55 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	2.630 m ³ /h	736.000 Kcal/h	345,0 Kw	2,48	66,9 °C
Howden XRV 127R1	-35,0 °C	-0,05 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	2.930 RPM	319 m ³ /h	50.000 Kcal/h	39,9 Kw	1,46	67,7 °C
Howden WRV204 110	-35,0 °C	-0,05 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	810 m ³ /h	140.000 Kcal/h	104,0 Kw	1,57	62,3 °C
Howden WRV255 193	-35,0 °C	-0,05 Bar	35,0 °C	12,70 Bar	3.000 RPM	2.630 m ³ /h	456.000 Kcal/h	308,0 Kw	1,72	66,3 °C

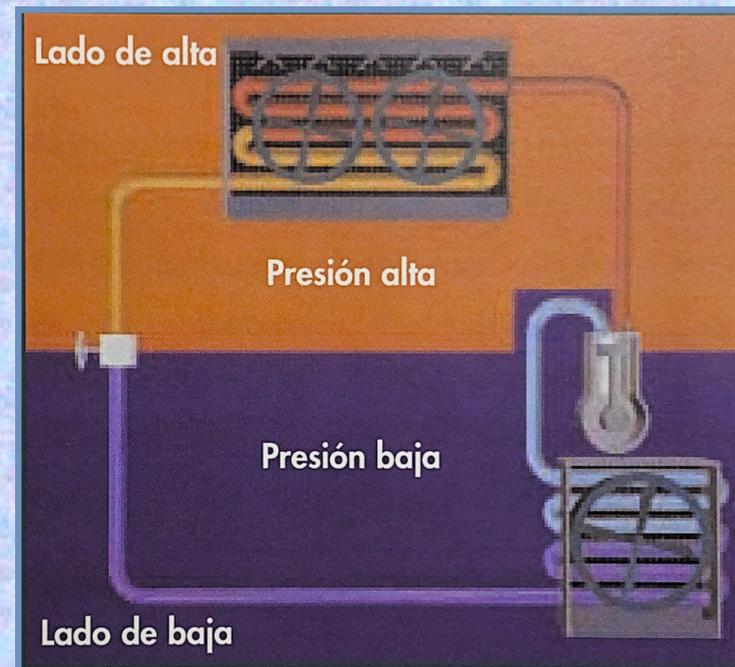
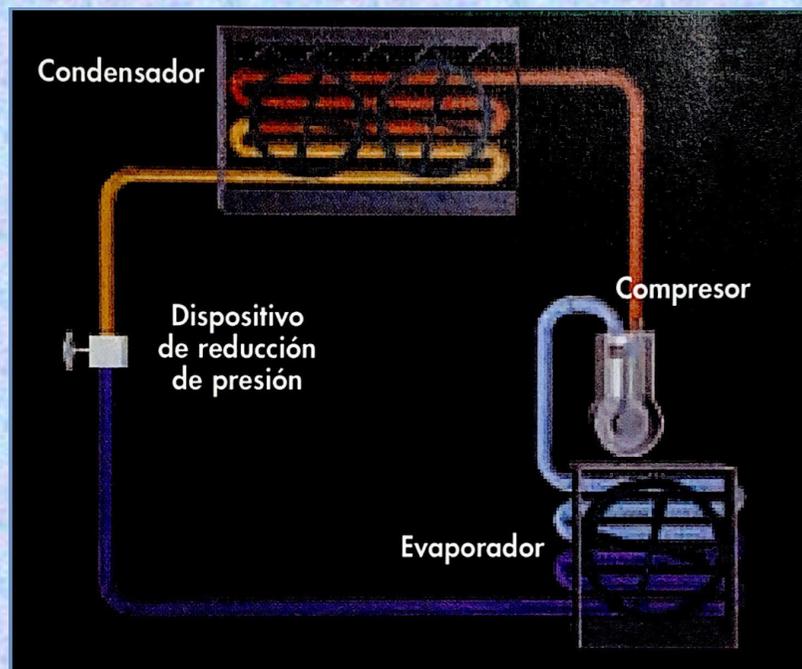
INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

COMPRESORES A TORNILLOS

- **Larga Vida Operativa. Relativo Bajo Costo de Reparación.**
- **Modulación continua de Capacidad.**
- **Baja eficiencia con baja Carga.**
- **Accionamiento con VDF en sistemas de carga variable.**
- **Aptos para muy bajas temperaturas en una sola etapa.**
- **Bajo arrastre de Aceite a la instalación.**

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

CICLO FRIGORÍFICO DE COMPRESIÓN MECÁNICA



Imágenes extraídas de Programa IAR de Educación y Entrenamiento para Refrigeración con Amoníaco

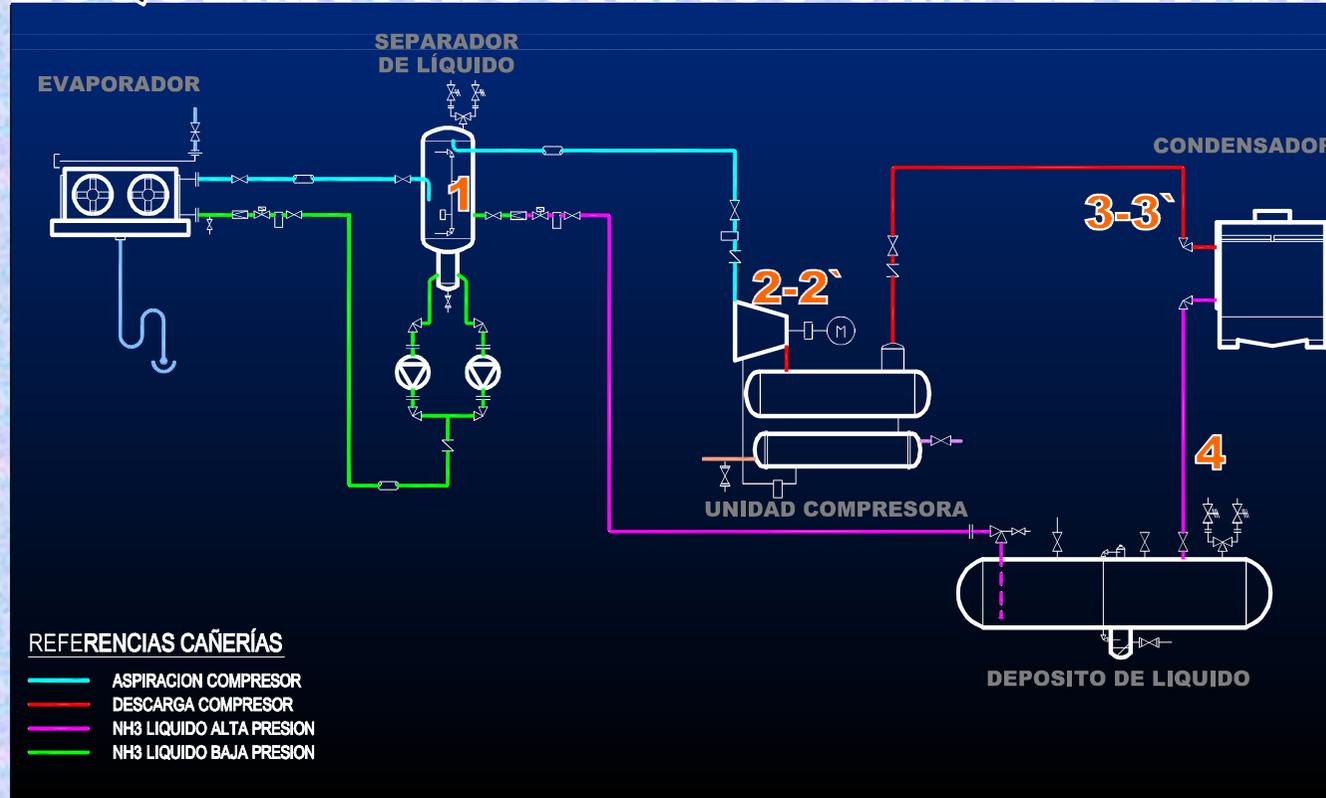
INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

CICLOS FRIGORÍFICOS. SISTEMAS.

- A. SIMPLE ETAPA. Temperaturas Altas y Medias.**
- B. DOBLE ETAPA. Bajas Temperaturas.**
- C. SIMPLE ETAPA CON ECONOMIZADOR. Bajas Temp.**
- D. INDIRECTO CON FLUIDO INTERMEDIARIO.**

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

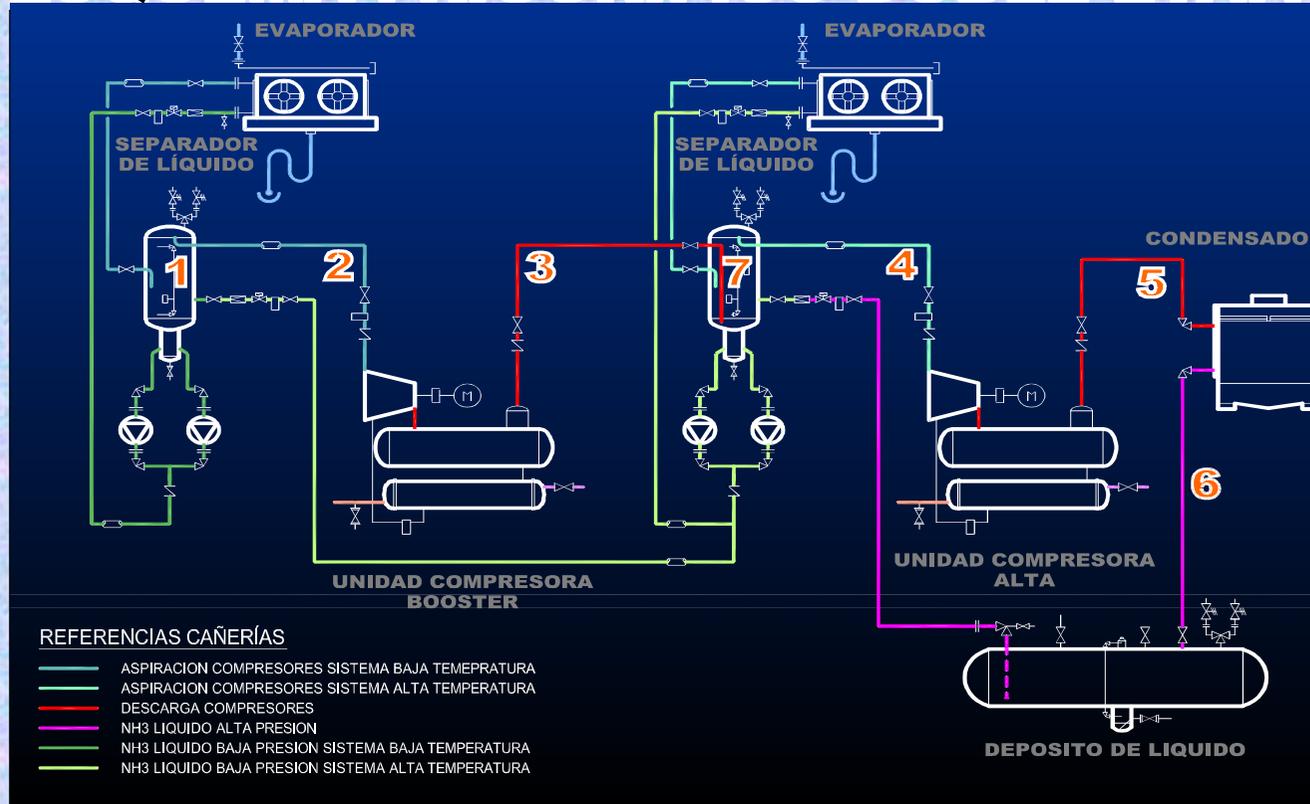
ESQUEMA FRIGORIFICO SIMPLE ETAPA



- Instalaciones convencionales para sistemas de climatizado, y para enfriamiento de productos con temperaturas de evaporación de amoníaco hasta -20°C . Compresores a tornillos permiten alcanzar temperaturas $< -35^{\circ}\text{C}$
- Cámaras.
- Chillers.
- Máquinas de Hielo.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

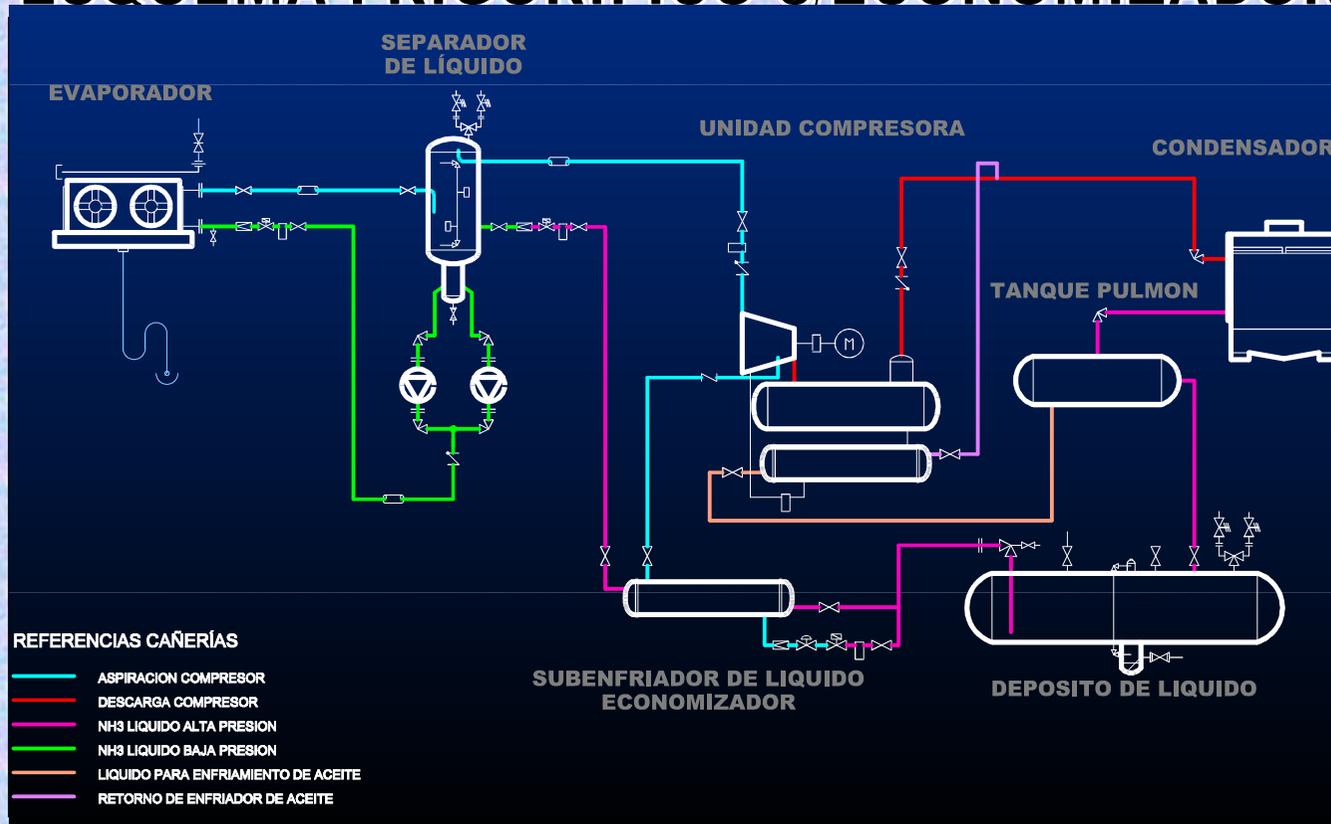
ESQUEMA FRIGORIFICO DOBLE ETAPA



- Instalaciones que requieren bajas temperaturas (inferiores a -25°C) y en general demandas significativas de potencia frigorífica.
- Plantas Avícolas.
- Frigorífico Bovinos Exportadores.
- Fabricantes de Cremas Heladas.
- Plantas Procesadoras de Pescados.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

ESQUEMA FRIGORIFICO c/ECONOMIZADOR



- Instalaciones que requieren bajas temperaturas (inferiores a -25°C) con demandas medias y eventualmente altas de potencia frigorífica.
- Menor Complejidad operativa respecto de instalaciones de doble etapa.
- Rendimientos levemente inferiores comparadas con instalaciones de doble etapa.
- Aplica para cualquier sistema de baja temperatura como los mencionados en doble etapa.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

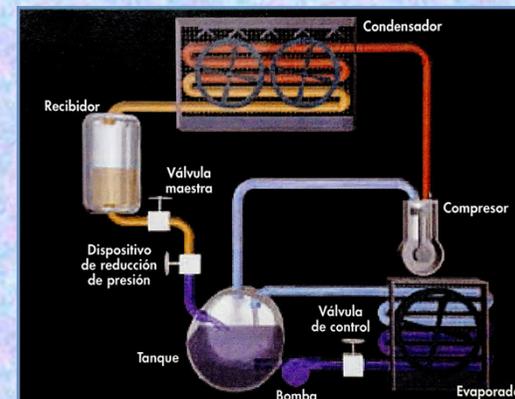
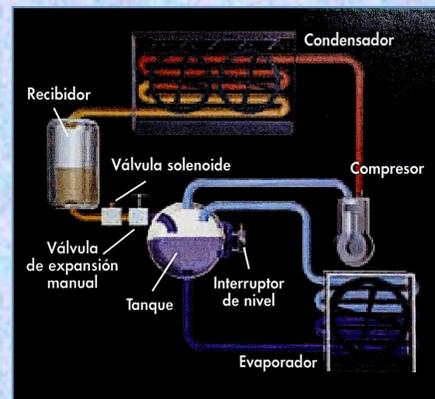
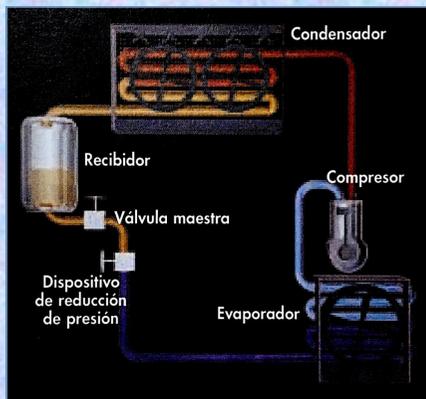
Potencia Absorbida en Simple Etapa, Doble, Economizador

- Un sistema de compresión en DOBLE ETAPA: Compresor Booster de -35°C a -10°C y Compresor de Alta de -10°C a $+35^{\circ}\text{C}$ presentará un consumo de potencia entre 18 y 25% menor que un sistema con un único compresor trabajando entre -35°C y $+35^{\circ}\text{C}$ para entregar igual Potencia Frigorífica.
- Un sistema de Compresión en SIMPLE ETAPA con ECONOMIZADOR con un único compresor trabajando entre -35°C y $+35^{\circ}\text{C}$ absorbiendo una sobrealimentación en su pórtico de presión intermedia consumirá entre 12 y 18% menos de potencia que un sistema con un único compresor trabajando entre -35°C y $+35^{\circ}\text{C}$ para entregar igual Potencia Frigorífica.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

CICLOS FRIGORÍFICOS. SISTEMAS.

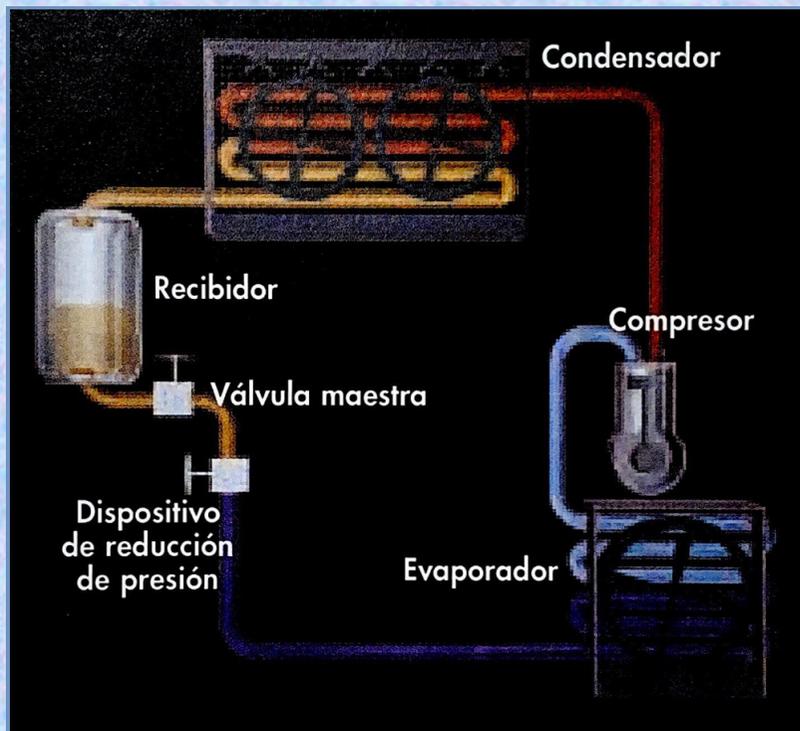
- A. Sistemas por Expansión Directa.
- B. Sistemas por Gravedad.
- C. Sistemas por Recirculado por Bombeo



Imágenes extraídas de Programa IIAR de Educación y Entrenamiento para Refrigeración con Amoníaco

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

CICLOS FRIGORÍFICOS. SISTEMAS.



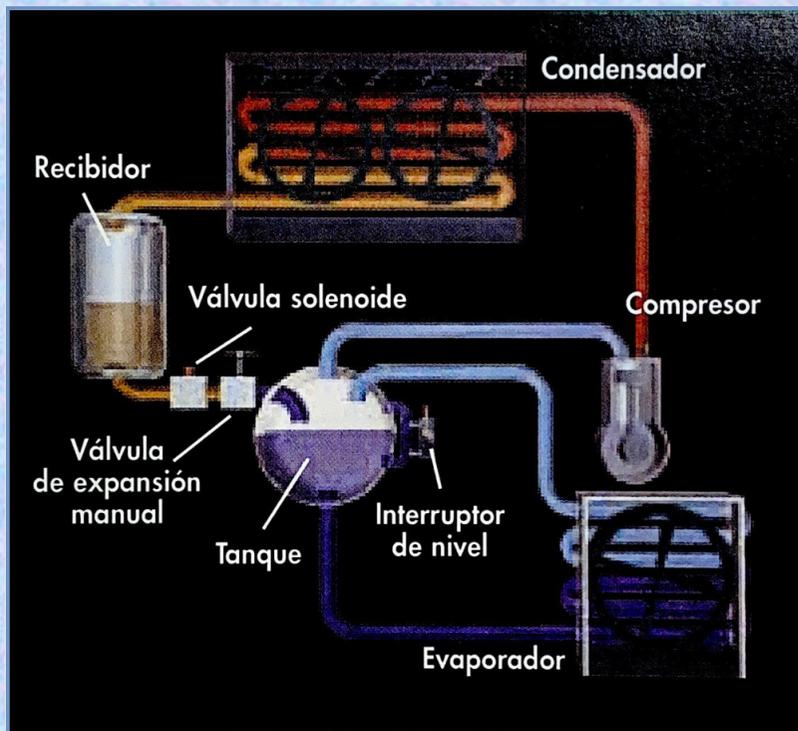
SISTEMA DE EXPANSIÓN DIRECTA

- Simple. Bajo costo. Mínimos Componentes.
- Baja carga de refrigerante.
- Protección Compresor? Trampa de líquido en succión
- Evaporadores: diseños especiales, distribuidores liquido
- Evaporadores: menor rendimiento x m2 de superficie.
- Requiere válvula termostática individual por evaporador.
- Termostáticas mecánicas o electrónicas.
- En bajas temperaturas descongelamiento eléctrico ..

Imagen extraída de Programa IIAR de Educación y Entrenamiento para Refrigeración con Amoníaco

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

CICLOS FRIGORÍFICOS. SISTEMAS.



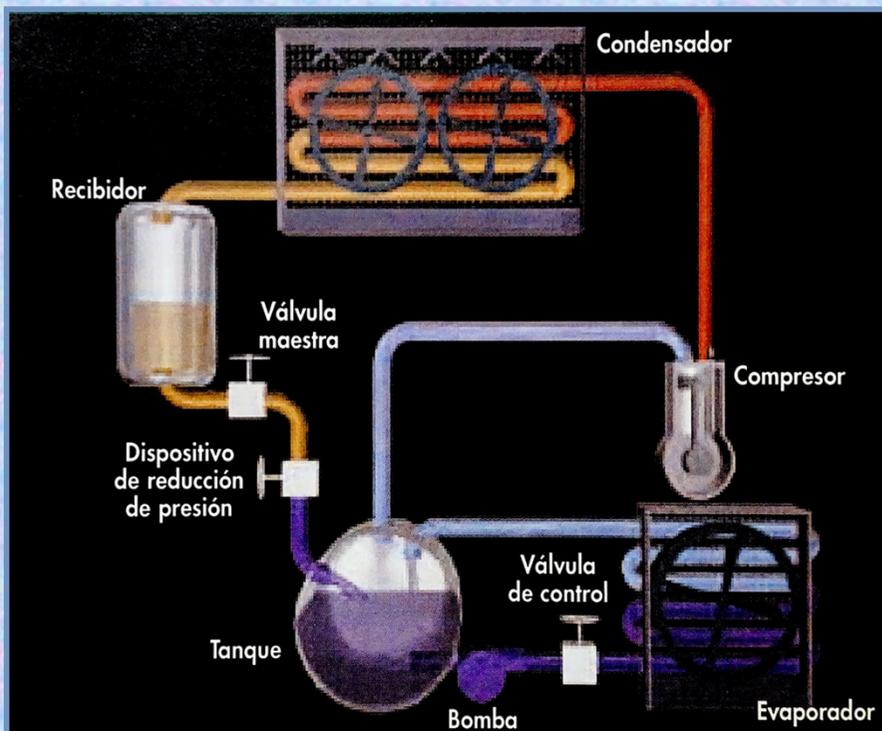
SISTEMA INUNDADO POR GRAVEDAD

- Separador debe instalarse arriba del evaporador.
- Funcionamiento por termosifón: atención pérdidas de carga!
- El separador significa una protección para el compresor.
- Evaporadores: mejor rendimiento x m² de superficie.
- Conforme diseño se establece tasa recirculado s/demanda.
- Para muchos evaporadores puede haber rendimientos desparejos ..
- Para bajas temperaturas descongelado manual o resignar eficiencia

Imagen extraída de Programa IIAR de Educación y Entrenamiento para Refrigeración con Amoníaco

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

CICLOS FRIGORÍFICOS. SISTEMAS.



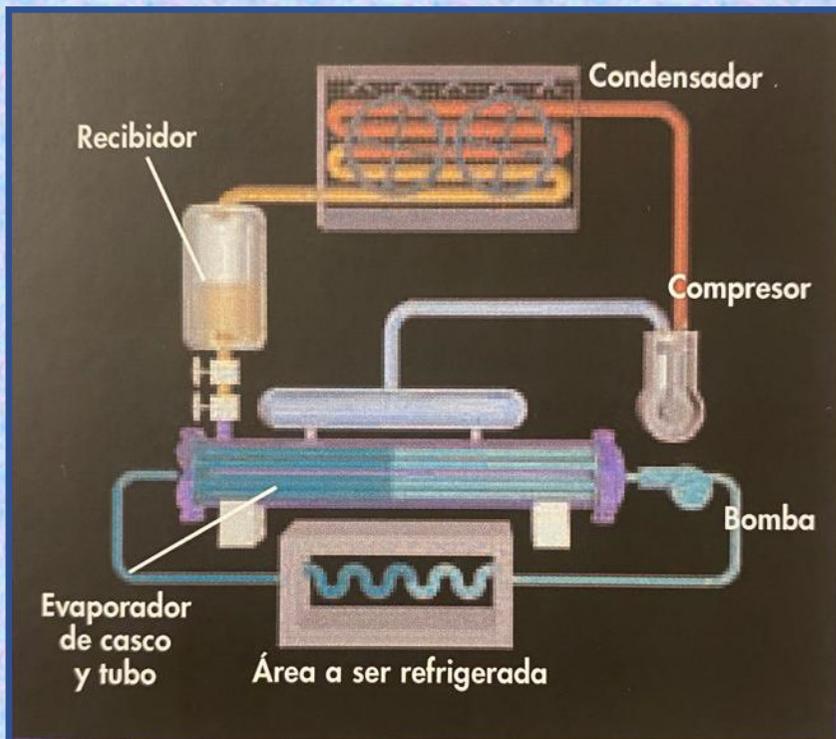
SISTEMA con RECIRCULADO POR BOMBEO

- Ubicación Separador de Líquido no condicionada por altura.
- Evaporadores: mayor rendimiento x m² de superficie.
- Tasas de recirculado desde 3:1
- Descongelamientos por gas caliente con lazos automáticos.
- Ajuste "fino" de alimentación con válvulas de expansión.
- Mejor sistema para múltiples evaporadores y servicios, aun para distancias importantes y diferentes alturas.

Imagen extraída de Programa IAR de Educación y Entrenamiento para Refrigeración con Amoníaco

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

CICLOS FRIGORÍFICOS. SISTEMAS.



INDIRECTO con FLUIDO INTERMEDIARIO

- El amoníaco (PRIMARIO) queda confinado a Sala de Máquinas.
- Menor Eficiencia: Intercambiadores + Potencia Bombeo.
- Uso de Salmueras, Glicoles, CO2 para bajas temperaturas.
- Aplicaciones:
 - Salas de Procesos donde trabajan personas.
 - Cámaras para productos “desnudos” (frutas, verduras, ..).
 - Enfriamiento de lácteos y derivados.
 - Enfriamientos bebidas.

Imagen extraída de Programa IAR de Educación y Entrenamiento para Refrigeración con Amoníaco

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

MI INSTALACIÓN:

¿Está todo bien?

¿Que puede NO estar bien?

- Arrastres de Líquido.
- Alta Presión de Condensación.
- Temperaturas de Aceite/Descarga de Compresores.
- No puedo bajar la succión. No llego a temperatura deseada.
- ...

Son problemas operativos? -> Ajustes / Mantenimiento

Errores de diseño / instalación de equipamiento? -> Normas, IAR

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

MI INSTALACIÓN: PUEDO MEJORAR LA EFICIENCIA??
ES MUY PROBABLE QUE SÍ!!!

POR DONDE IR?

- **ACEITE.** Rutinas de PURGA.
- **AIRE.** Purgador de INCONDENSABLES.
- **AGUA.** Rectificador/Regenerador de AMONÍACO.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

PRESENCIA DE AIRE

PORQUÉ HAY INCONDENSABLES EN MI SISTEMA?

- **PRESIONES DE TRABAJO NEGATIVAS (Temp. < -33°C)**
- **MANTENIMIENTO. Reparaciones. Cambios de Aceite.**

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

PRESENCIA DE AIRE

CONSECUENCIAS:

- **ELEVACIÓN DE LA PRESIÓN DE DESCARGA**
 - Mayor **CONSUMO ELÉCTRICO**.
 - Eventualmente **LIMITACIÓN DE CARGA EN COMPRESORES**.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

PRESENCIA DE AIRE

VARIACIONES DE RENDIMIENTO, POTENCIA ABSORBIDA Y COP CON LA PRESIÓN DE DESCARGA

Compresor	Succión		Descarga		Velocidad	Desplazamiento	Rendimiento		Potencia Absorbida		COP	
			Temperatura (°C)	Presión (Bar)			Temperatura (°C)	Presión (Bar)	Temperatura (°C)	Presión (Bar)	Temperatura (°C)	Presión (Bar)
Howden WRV204 165	-10,0 °C	1,97 Bar	38,0 °C	13,99 Bar	3.000 RPM	1.220 m³/h	678.000 Kcal/h	-2,31%	212,0 Kw	6,00%	3,72	-7,84%
			37,0 °C	13,57 Bar			683.000 Kcal/h	-1,59%	208,0 Kw	4,00%	3,82	-5,37%
			36,0 °C	13,16 Bar			688.000 Kcal/h	-0,86%	204,0 Kw	2,00%	3,92	-2,81%
			35,0 °C	12,76 Bar			694.000 Kcal/h	0,00%	200,0 Kw	0,00%	4,03	0,00%
			34,0 °C	12,37 Bar			698.000 Kcal/h	0,58%	196,0 Kw	-2,00%	4,14	2,63%
			33,0 °C	11,99 Bar			702.000 Kcal/h	1,15%	192,0 Kw	-4,00%	4,25	5,37%
			32,0 °C	11,62 Bar			705.000 Kcal/h	1,59%	188,0 Kw	-6,00%	4,36	8,07%
			31,0 °C	11,25 Bar			714.000 Kcal/h	2,88%	185,0 Kw	-7,50%	4,49	11,22%
			30,0 °C	10,89 Bar			718.000 Kcal/h	3,46%	180,0 Kw	-10,00%	4,64	14,95%

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

PRESENCIA DE AGUA

PORQUÉ HAY AGUA EN MI SISTEMA?

- REMANENTE EN EQUIPOS NUEVOS por PRUEBAS.
- CONDENSACIÓN AGUA POR PRUEBAS NEUMÁTICAS CON AIRE HÚMEDO.
- PRESIONES DE TRABAJO NEGATIVAS (Aire con vapor agua).
- TAREAS MANTENIMIENTO / MANIOBRAS.
- ROTURA ENFRIADORES DONDE PRESIÓN AGUA > PRESIÓN NH₃.

INSTALACIONES FRIGORÍFICAS CON AMONÍACO

PRESENCIA DE AGUA

TEMPERATURA AMONÍACO (O MEZCLA) SEGÚN CONCENTRACIÓN AGUA				
Evaporación	3,04 Bar	2,03 Bar	0,00 Bar	-0,29 Bar
NH3 Anhidro (>99.95%)	-1,7 °C	-8,8 °C	-33,3 °C	-40,2 °C
NH3 c/ 10% Agua	0,4 °C	-7,0 °C	-31,7 °C	-38,6 °C
NH3 c/ 20% Agua	4,4 °C	-3,5 °C	-28,9 °C	-36,4 °C
NH3 c/ 30% Agua	11,0 °C	2,3 °C	-24,4 °C	-32,2 °C

Por cada °C que se baja la temperatura de evaporación un compresor reduce su capacidad frigorífica en 4% en etapa de alta, y en 5% trabajando como booster. En definitiva para la misma demanda frigorífica se necesitará mayor potencia instalada.

Datos extraídos de Programa IIR de Educación y Entrenamiento para Refrigeración con Amoníaco



PREGUNTAS



GRACIAS!!!