



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“ESTUDIO DE REINGENIERÍA PARA EL USO DE
UNA BOMBA DE CALOR E INTERCAMBIADOR
DE CALOR EN LA PLANTA DE PROCESO DE
ELECTRO REFINACIÓN DE COBRE, DE LA
DIVISIÓN VENTANAS DE CODELCO”**

**AUTORES: CRISTÓBAL EDUARDO VALDEBENITO GARCÉS.
DIEGO ALEXIS VARGAS FLORES.**

**SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTRICIDAD.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2014**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“ESTUDIO DE REINGENIERÍA PARA EL USO DE
UNA BOMBA DE CALOR E INTERCAMBIADOR
DE CALOR EN LA PLANTA DE PROCESO DE
ELECTRO REFINACIÓN DE COBRE, DE LA
DIVISIÓN VENTANAS DE CODELCO”**

**AUTORES: CRISTÓBAL EDUARDO VALDEBENITO GARCÉS.
DIEGO ALEXIS VARGAS FLORES.**

DOCENTES:

DOCENTE PATROCINANTE: FABRICIO IVÁN SALGADO DÍAZ
DOCENTE CORRECTOR: LUIS ERNESTO SILVA OYARZÚN
DOCENTE CORRECTOR: PATRICIO EDUARDO CONCHA FUENTES.

**SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTRICIDAD.**

CONCEPCIÓN – CHILE
2014

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a mi familia, por ser el pilar fundamental en todos los años de educación, por inculcarme valores fundamentales, que no se pueden adquirir en ningún centro de estudios, por enseñarme que la educación esencial es aquella que se adquiere en el hogar.

Agradezco a mis amigos y compañeros, por brindarme momentos inolvidables, por los buenos consejos, por estar siempre a mi lado cada vez que sentía que caía al precipicio.

Agradezco al destino, por permitirme conocer personas maravillosas, personas que siempre estarán, de una u otra forma, junto a mí, personas que me moldearon, para mejor, durante todo el proceso universitario.

Agradezco a mis profesores, que me guiaron en la búsqueda insaciable de ser un buen profesional, por demostrarme que con vocación y dedicación, cualquier meta se puede lograr, por inalcanzable que esta parezca.

Por todo eso y mucho más, muchas gracias, por permitirme ser quien soy al día de hoy.

“Muere lentamente, quién no arriesga lo cierto por lo incierto, para ir detrás de un sueño”.

Martha Medeiros.

Dedicado a la memoria de mi abuelo, **Álvaro Flores Jara.**

Diego Alexis Vargas Flores.

En primer lugar agradecer a Dios por haber hecho esto realidad, ya que sin su ayuda no hubiese sido posible estar en esta circunstancia de la vida.

En segundo lugar agradecido de mis padres por su incondicional apoyo brindado en este proceso de formación profesional. Gracias a los esfuerzos realizados a lo largo de mi vida.

Agradecido de todas aquellas personas que no dudaron en ningún momento que mi logro fuera real, que siempre estuvieron apoyándome y deseando mi éxito.

Agradecer a mis profesores de carrera que compartieron de la mejor manera posible sus conocimientos, este logro no hubiese sido posible sin ellos, por demostrar su verdadero interés en la formación profesional de sus alumnos.

Agradecer a mis amigos y compañeros por los buenos y malos momentos que compartimos en nuestra vida universitaria, por aquellos consejos y reprensiones brindados. Esas inolvidables noches de estudios. Siempre estarán en mis recuerdos.

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.”

Mahatma Gandhi.

Cristóbal Eduardo Valdebenito Garcés.

ÍNDICE.

Planteamiento del problema.....	7
Objetivos generales de seminario de título.....	8
Resumen.....	9
Introducción.....	10
Capítulo 1: Generalidades.....	11
1.1 Electro refinación del cobre.....	11
1.2 Bombas de calor.....	13
1.3 Intercambiadores de calor.....	23
1.4 Calderas.....	27
Capítulo 2: Estudio actual de la planta.....	29
2.1 Descripción general del proceso de refinería.....	29
2.2 Circulación del electrolito.....	29
2.3 Insumos del proceso de refinación.....	31
Capítulo 3: Estudio de implementación del sistema.....	32
3.1 Caso de estudio.....	34
3.2 Bomba de calor a implementar.....	37
3.3 Intercambiador de calor a implementar.....	38
3.4 Interconexión bomba-intercambiador.....	39
Capítulo 4: Estudio económico de la implementación del sistema.....	43
4.1 Costos asociados al sistema actual.....	43
4.2 Costos asociados al sistema propuesto.....	44
4.3 Criterio de factibilidad económica del proyecto (VAN).....	45
Conclusiones.....	47
Bibliografía.....	49

Anexo A: Catálogo de la bomba de calor.....	50
Anexo B: Cotización del intercambiador de calor.....	55
Anexo C: Catálogo del intercambiador de calor.....	57
Anexo D: Catálogo de la bomba centrífuga.....	66
Anexo E: Tarifa gas natural.....	75

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el proceso de electro refinación del cobre, para la obtención de cátodos, se utilizan cubas que contienen electrolito, el cual debe tener una temperatura óptima. Esto se realiza mediante un intercambiador de calor, el cual recibe la energía térmica, a través, de calderas. El actual sistema es poco eficiente.

Se propone un estudio de reingeniería del intercambiador, para ser alimentado por una bomba de calor y así aminorar el uso del vapor proveniente de la caldera. Con esta modificación se estima mejorar la eficiencia del proceso, y disminuir el impacto ambiental del uso de combustibles fósiles en las calderas.

OBJETIVOS GENERALES DEL SEMINARIO DE TITULO.

- Analizar el actual sistema de refinación de cobre, considerando especialmente los componentes que forman parte del circuito termodinámico.
- Realizar un estudio para elegir una bomba de calor, y evaluar la necesidad de sustituir el intercambiador, para satisfacer el requerimiento térmico del proceso de electro refinación.

RESUMEN.

En el presente seminario de título se realizó un estudio de reingeniería para la implementación de una bomba de calor con el fin de aminorar el uso de hidrocarburos en calderas, y el reemplazo del intercambiador calor tubular existente, por uno de mayor eficiencia. Para esto se considero la factibilidad técnica, económica e impacto medio ambiental.

Los resultados obtenidos de dicho estudio fueron gratamente aceptables, debido a que con el nuevo sistema planteado se obtuvo una considerable reducción en las emisiones de contaminantes hacia la atmósfera, ya que con el uso de la bomba de calor se eliminó casi por completo el uso de las calderas.

El reemplazo del intercambiador de calor tubular, por uno de placas compactas, fue apropiado, debido a que se obtuvo mejor transferencia de energía hacia el electrolito.

INTRODUCCIÓN.

A continuación se dará a conocer la estructura de cada capítulo que conforma el presente informe, mencionando los aspectos más relevantes del contenido descrito en ellos.

Capítulo 1: Se hace mención a los aspectos teóricos principales de cada uno de los componentes que forman parte del sistema actual y el proyectado. Clasificándolos dependiendo de su funcionamiento y características particulares de cada uno.

Capítulo 2: Se describe el proceso global de refinación del cobre, circulación y manejo del electrolito, insumos necesarios para el funcionamiento del sistema.

Capítulo 3: Se describe las características de la bomba de calor e intercambiador de calor implementado en el nuevo sistema y el proceso de conexión de estos.

Capítulo 4: Se realiza los cálculos necesarios para determinar la factibilidad económica del proyecto, considerando variables de mercado, como precio de la energía eléctrica, valor del gas, entre otros.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.

1.1 ELECTRO REFINACIÓN DEL COBRE.

En la naturaleza el mineral de cobre se presenta en sulfuros y óxidos.

La electro refinación es la última etapa en la secuencia aplicada a los minerales sulfurados de Cobre: **Extracción – Chancado – Molienda – Flotación – Fundición – Electro Refinación.**

Extracción: Teniendo claro de la existencia de un yacimiento, se decide a trabajar en él. Las rocas y minerales adecuados se extraen de la mina y son transportados a la planta, donde continúan los otros procesos de producción.

Chancado: En esta etapa grandes máquinas reducen el tamaño del mineral extraído en la mina, por medio de etapas, a través de movimientos vibratorios. Las dimensiones finales del mineral son del orden de ½ pulgada.

Molienda: Mediante molinos se continúa reduciendo el tamaño del mineral hasta obtener un tamaño máximo de 180 micrones (0,18mm). Con esto se forma una pulpa con agua y reactivos que se llevan a la flotación.

Flotación: En esta etapa se genera espuma, cuyas burbujas atrapan el cobre y otros minerales sulfurados contenidos en la pulpa.

Luego de varios ciclos, se recolecta y se seca la espuma para obtener el concentrado de cobre que continúa su purificación.

Fundición: Para separar el cobre de otros minerales e impurezas, el concentrado de cobre se trata a grandes temperaturas en hornos especiales.

Luego de varios procesos se obtiene cobre RAF (refinado a fuego), el que es moldeado en placas de un peso aproximado de 225 kg, llamadas ánodos.

Electro Refinación: Es la disolución electroquímica de los ánodos impuros de cobre, para permitir que el metal se deposite selectiva y con máxima pureza en los cátodos. [2]

La aplicación de un potencial eléctrico entre un ánodo (electrodo positivo) y un cátodo (electrodo negativo), sumergidos en una celda que contenga una solución de sulfato de cobre ácida, origina las siguientes reacciones y procesos:

- El cobre del ánodo se disuelve electroquímicamente, con lo que se producen cationes de cobre, mas electrones.
- Los electrones producidos por la reacción, son conducidos hacia el cátodo, a través, del electrolito y suministro de energía externo.
- Los cationes Cu^{2+} en la solución, emigran por difusión y convección hacia el cátodo.
- Los electrones e iones Cu^{2+} se recombinan en la superficie del cátodo para producir el cobre metálico.

En síntesis, se produce la disolución electroquímica del cobre del ánodo; la migración de electrones e iones de cobre hacia el cátodo, y el depósito de cobre sobre la superficie del cátodo. [1]

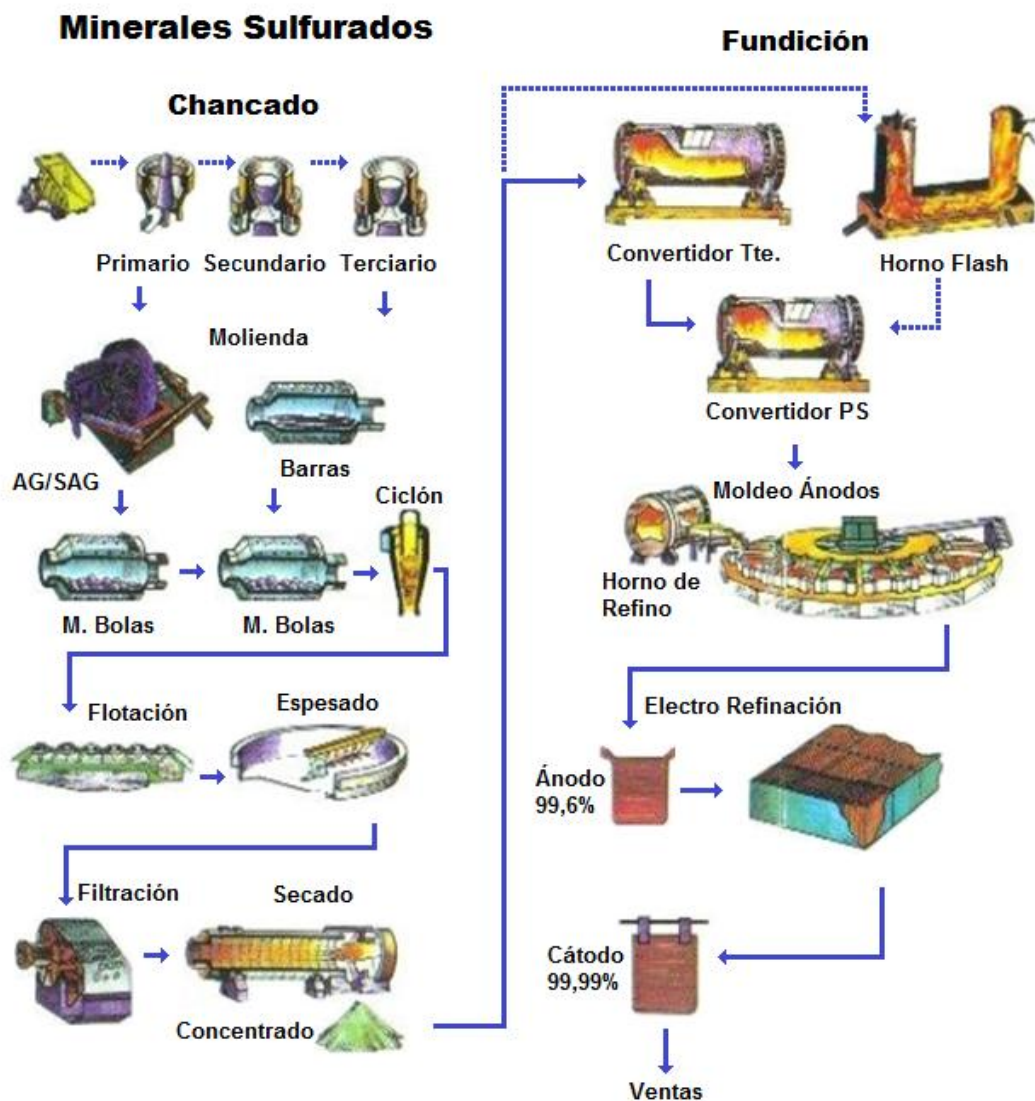


Fig.1 Proceso de Producción de Cobre Sulfurado. [1]

1.2 BOMBAS DE CALOR.

La bomba de calor es una máquina que transfiere energía térmica desde una fuente de bajo nivel térmico o baja temperatura, hacia otra de mayor nivel.

Para lograrlo se necesita un aporte de trabajo, pues de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica, el calor va de la fuente más caliente hacia la más fría, hasta alcanzar el equilibrio térmico, y no al revés.

Para ello se emplea un sistema de refrigeración por compresión de gases refrigerantes.

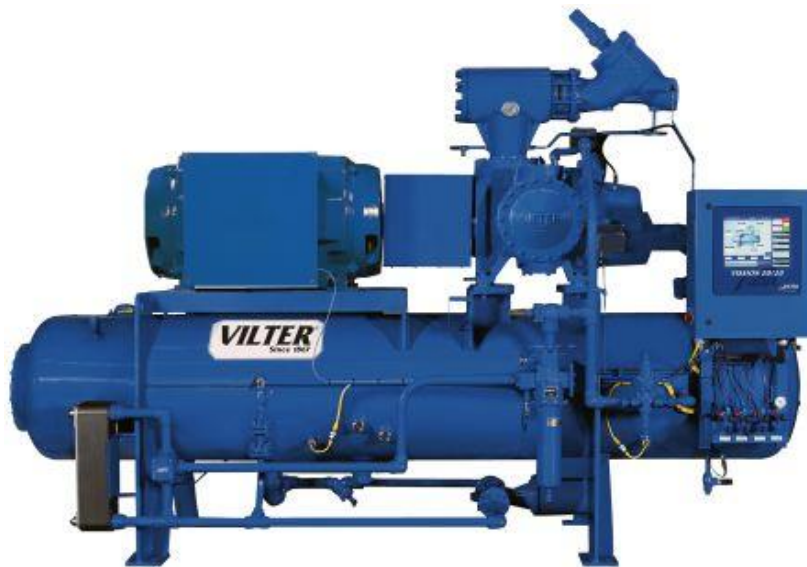


Fig. 2 Bomba de Calor.

1.2.1 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE CALOR POR ABSORCIÓN.

La mezcla de agua y refrigerante se calienta a través del quemador de gas dentro del reactor. El refrigerante es más volátil que el agua, por lo que se evapora antes que el agua y se separa de él. El agua vuelve a través de la válvula de expansión al absorbedor. Por otro lado el vapor del refrigerante llega al condensador donde cambia su estado de gaseoso a líquido y transmite la energía. El refrigerante líquido fluye, a través, de la válvula de expansión hasta el evaporador, donde se evapora recogiendo el calor ambiental. A continuación el vapor del refrigerante fluye hacia el absorbedor donde se mezcla de nuevo con el agua. Aquí el agua absorbe el refrigerante, de ahí que se denomina absorción. La energía que libera esta reacción exotérmica se transmite al sistema de calefacción igual que la energía introducida al generador. La solución de agua y refrigerante se bombea de nuevo hacia al reactor donde vuelve a repetirse el ciclo.[4]

1.2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE CALOR POR COMPRESIÓN.

Una bomba de calor por compresión emplea un fluido refrigerante con un bajo punto de ebullición. Este fluido se hace pasar por un compresor, que eleva su presión y con ello su temperatura. El refrigerante una vez comprimido pasa por un intercambiador de calor llamado condensador, donde cede calor al foco caliente, dado que el fluido ha salido del compresor a mayor temperatura que ese foco caliente. Al enfriarse el fluido en el condensador, cambia su estado a líquido, a la salida del condensador, comprimido, atraviesa una válvula de expansión, lo cual supone una brusca caída de presión. Al disminuir la presión, el fluido se enfría bruscamente y además empieza a evaporarse. En el evaporador que hay después de la válvula de expansión, el fluido se evapora, absorbiendo calor del foco frío, puesto que está más frío que dicho foco. El fluido refrigerante evaporado regresa al compresor, cerrándose el ciclo.[4]

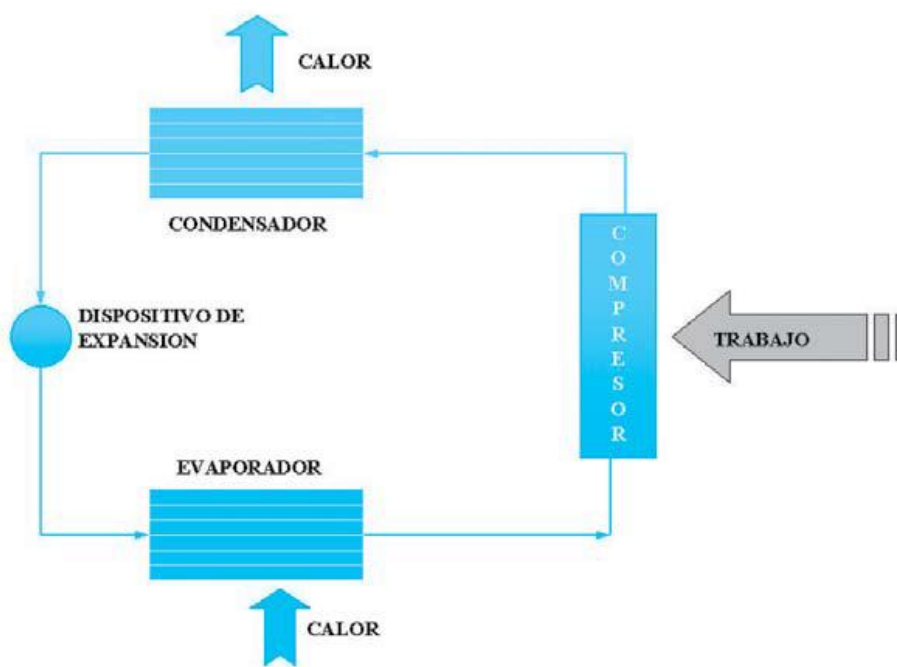


Fig. 3 Funcionamiento de la Bomba de Calor. [4]

1.2.3 CICLO DE CARNOT.

Para comprender mejor el funcionamiento de una bomba de calor se requiere de algunas bases teóricas, como el ciclo de Carnot. Este es un proceso cíclico reversible, consta de 4 etapas: 2 procesos isotérmicos (temperatura constante), 2 procesos adiabáticos (aislado terminadamente).

Expansión isotérmica: Proceso 1-2 el volumen del gas aumenta, manteniendo la temperatura constante. La energía interna es cero, todo el calor absorbido se convierte en trabajo.

Expansión adiabática: Proceso 2-3 no hay intercambio de calor, la temperatura disminuye, hasta alcanzar volumen máximo.

Compresión isotérmica: Proceso 3-4 el gas comienza a comprimirse, se debe realizar un trabajo sobre el sistema.

Compresión adiabática: Proceso 4-1 no hay intercambio de calor, el gas se comprime aumentando su temperatura, la energía interna aumenta y el calor es nulo. [3]

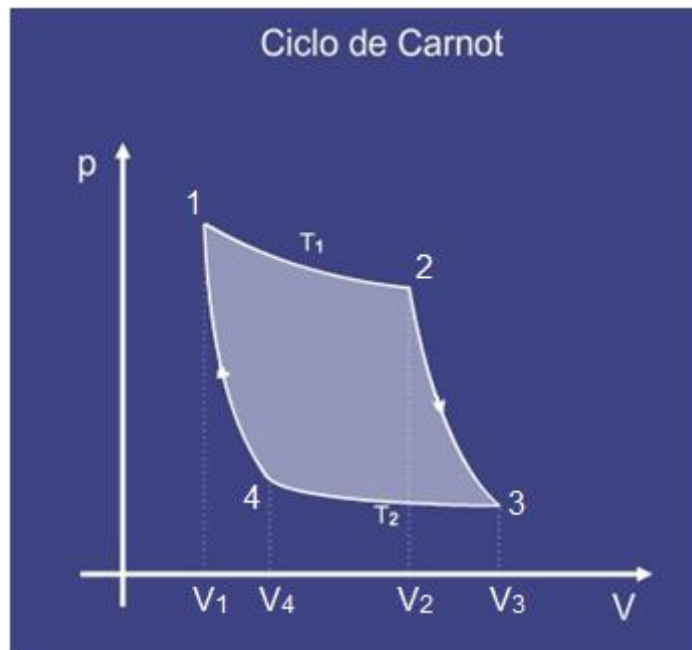


Fig. 4 Ciclo de Carnot.

1.2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE CALOR.

Las bombas de calor se pueden clasificar según:

- Tipo de proceso.
- Origen y destino de la energía que pasa por la bomba de calor.
- Diseño e instalación.
- Ciclo de trabajo.

1.2.4.1 CLASIFICACIÓN POR EL PROCESO FÍSICO.

Según el proceso físico que realizan se pueden clasificar en dos:

- **Absorción:** Las bombas de absorción son accionadas térmicamente, esto quiere decir que la energía aportada al ciclo es térmica. El sistema se basa en la capacidad de ciertas sales y líquidos de absorber fluido refrigerante.

Los ciclos de absorción son análogos a los de compresión, únicamente se sustituye el compresor por un circuito de disoluciones que realiza la misma función que éste, es decir, eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico en estado vapor. El circuito de disoluciones consiste en un absorbedor, una bomba que impulsa la disolución, un generador y una válvula de expansión. [4] [5]

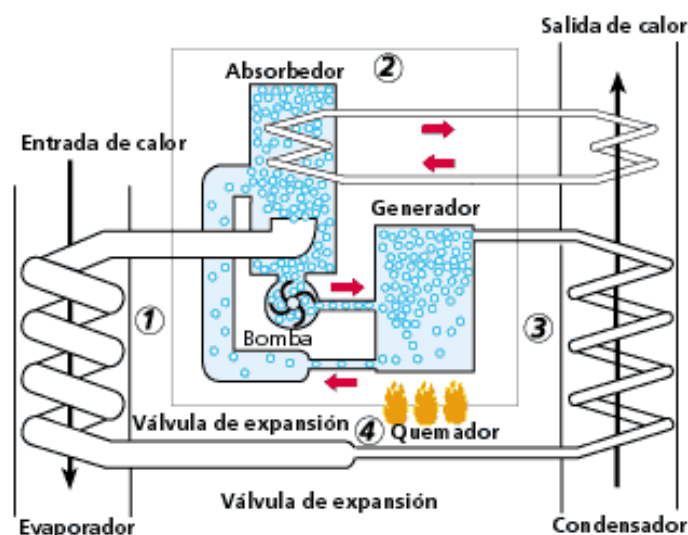


Fig. 5 Bomba de Calor por Absorción

- **Compresión:** En este tipo de bombas de calor, la elevación de presión y temperatura se hace por medio de un compresor, accionado por un motor.

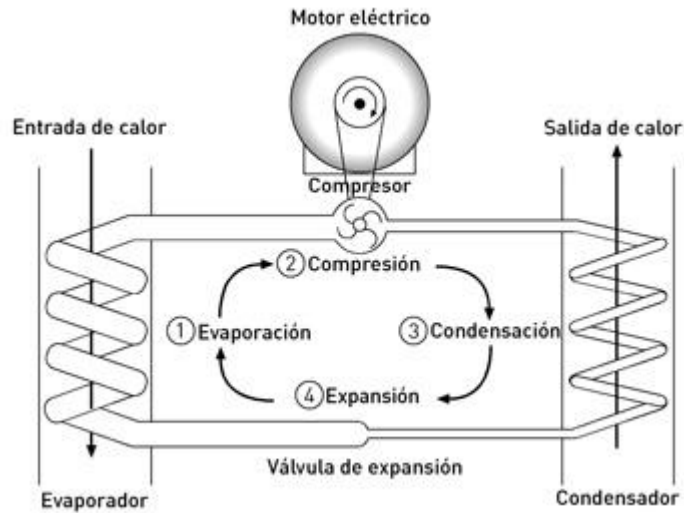


Fig.6 Bomba de Calor por Compresión.

1.2.4.2 CLASIFICACIÓN POR EL ORIGEN Y DESTINO DE LA ENERGÍA.

- Aire - aire: Toma el calor del exterior y lo transporta hacia el interior. utilizadas en el uso de la climatización.
- Aire - agua: Toman el calor del aire y lo transporta a un circuito de agua. Se utilizan para aclimatar piscinas y para calefacción.
- Agua – aire: Utilizadas en corrientes de ríos.
- Agua – agua: Toman el calor de aguas subterráneas y lo llevan al interior del recinto. Son poco utilizadas. [6]

1.2.4.3 CLASIFICACIÓN POR CICLO DE TRABAJO.

- Reversible: Opera el ciclo de calefacción y enfriamiento.
- No reversible: Opera solo el ciclo de calefacción. [6]

1.2.4.4 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE CALOR PARA APLICACIONES INDUSTRIALES.

Las bombas de calor para aplicaciones industriales se pueden clasificar en:

- **Bombas de calor en ciclo de compresión cerrado:** Se logra la elevación de presión y temperatura entre componentes mediante la compresión mecánica de vapor.
- **Sistema de recompresión mecánica de vapor (MVR):** En los sistemas MVR el fluido de trabajo es el mismo fluido del proceso en un ciclo abierto. Estos sistemas se clasifican en abiertos y semiabiertos. En un sistema abierto, el vapor de un proceso industrial es comprimido. Al elevar su presión aumenta su temperatura, y al ser condensado en el mismo proceso cede su calor. En los sistemas semiabiertos, el calor del vapor recomprimido es cedido mediante un intercambiador de calor. En estos equipos se eliminan uno o los dos intercambiadores de calor y el salto de temperatura por esta razón es muy pequeño. Debido a este salto pequeño de temperatura, su eficacia es elevada y se obtienen COP de 10 a 30.

Con los sistemas MVR se pueden alcanzar temperaturas más altas.

- **Bombas de calor por absorción de simple efecto:** Son accionadas térmicamente, es decir, la energía aportada al proceso es térmica y no mecánica, al igual que en los sistemas de compresión de ciclo cerrado. Un sistema de absorción se basa en la capacidad de ciertas sales y líquidos de absorber el refrigerante.
Los ciclos de absorción son similares a los de compresión, únicamente se sustituye el compresor por un ciclo de disoluciones que realiza la misma función. Elevar la presión y la temperatura del fluido refrigerante en estado de vapor.
- **Bombas de calor por absorción de doble efecto:** También se les llama transformadores de calor. Se aplican a fluidos que tienen temperaturas más elevadas que el ambiente y menores que las utilizables. Estos sistemas pueden alcanzar temperaturas de hasta 150°C.

- **Ciclo Brayton inverso:** Se recuperan las sustancias disueltas en gases, en varios procesos. Su funcionamiento consiste en la compresión y expansión de un gas saturado. Durante la expansión el gas se enfría y las sustancias que están disueltas en él se condensan y pueden ser recuperadas. La expansión tiene lugar en una turbina que acciona a su vez a un compresor.[4]

1.2.5 COMPONENTES BÁSICOS DE UNA BOMBA DE CALOR.

Los componentes de una bomba de calor dependen del tipo de proceso físico que desarrollen, por lo que podemos dividir en dos:

- Una bomba de calor por compresión mecánica de vapor posee componentes básicos como: Compresor, condensador, evaporador y dispositivos de expansión.
- Una bomba de calor por absorción posee componentes como: Generador, absorbedor, condensador y evaporador.

Compresor: Recibe el refrigerante proveniente del evaporador (vapor a baja presión), por la tubería de aspiración. Lo comprime elevando su presión y temperatura, expulsándolo por la tubería de descarga hacia el condensador.

1.2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES.

Dentro de la industria los tipos de compresores más usados son:

- De desplazamiento positivo:

[Reciprocantes: Simple y doble efecto
	Rotativos: Paletas deslizantes, tornillo, lóbulos, Anillo líquido, scroll.
- Dinámicos:

{	Centrífugos.
	Axial.

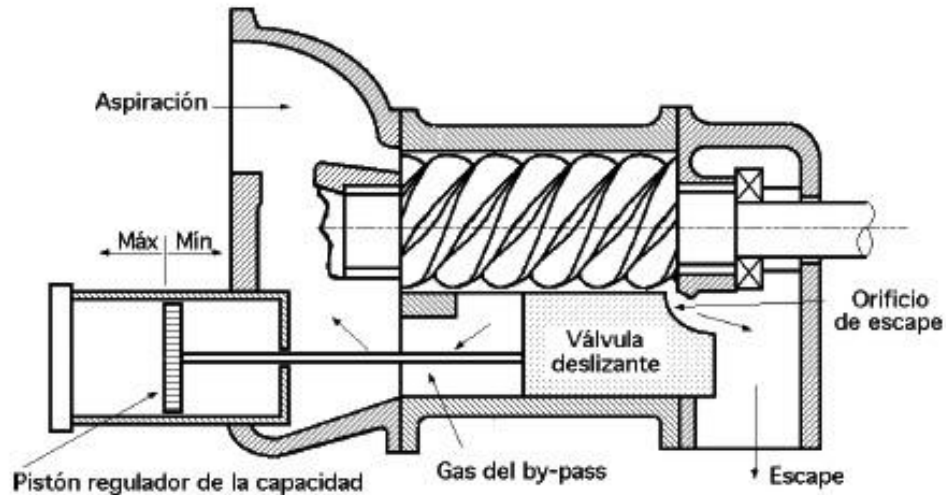


Fig. 7 Compresor Tipo Tornillo.

Evaporador: Es un intercambiador de calor, donde se produce la absorción de calor del foco frío o fuente de recuperación de calor. Los evaporadores más utilizados en bombas de calor pueden ser de dos tipos:

- **Evaporadores de expansión seca:** En los cuales todo el líquido admitido es vaporizado y sale del evaporador un poco sobrecalentado.
- **Evaporadores tipo inundado:** El cual se encuentra casi totalmente lleno de líquido y Los vapores que salen son saturados o inclusive pueden ser mezcla de líquido - vapor. Este tipo de evaporadores sólo se utiliza en bombas de calor con potencias muy elevadas.

También se pueden clasificar en evaporadores de aire y agua.

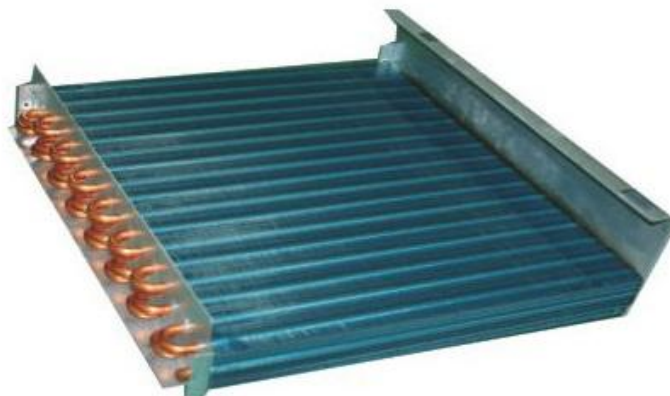


Fig.8 Evaporador para Aire Acondicionado y Bomba de Calor.

Condensador: Es un equipo de intercambio de calor entre el refrigerante y otro fluido al cual se desea aumentar su temperatura para utilizarlo en un proceso industrial. Los condensadores se pueden clasificar en:

- **Condensador de aire:** El aire es impulsado por ventiladores a través de unos conjuntos de tubos aleteados por el cual circula el refrigerante.
- **Condensador de agua:** Los condensadores de agua pueden ser de doble tubo a contracorriente. En estos el agua circula por el tubo interior y el refrigerante se condensa en el espacio intermedio. El otro tipo de condensador es el multitubular horizontal. Este es un intercambiador de coraza y tubos en el cual el refrigerante circula por los tubos y el agua circula por el exterior de éstos.



Fig.9 Condensador.

- **Válvulas de expansión:** Son elementos que se encargan de reducir la presión del refrigerante, desde la presión de condensación hasta la presión de evaporación. La válvula de expansión no produce intercambio de calor ni produce trabajo, por lo tanto la entalpía del fluido refrigerante permanece constante durante el proceso de expansión. Además de su función de expansión, este elemento se encarga también de regular la alimentación del líquido al evaporador.



Fig. 10 Válvula de Expansión Termostática.

1.2.6 REFRIGERANTES USADOS EN BOMBAS DE CALOR.

Los fluidos de trabajo utilizados en las bombas de calor por compresión, se conocen comercialmente como refrigerantes, la mayoría son compuestos creados artificialmente.

Los menos nocivos para la capa de ozono son:

- Hidrofluorocarbono: R134a, R404A, R407C y R507A son los más comunes.
- Naturales: amoníaco (NH_3), propano C_3H_8 .



Fig.11 Gas refrigerante 404A.

1.2.7 RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS DE CALOR.

Cuando se habla de COP, es la expresión de eficiencia de una bomba de calor. Se determina comparando la salida de calor del condensador (Q) con la potencia suministrada al compresor (W). Es la relación entre la potencia (kW) cedida por la bomba en forma de calor, y la potencia (kW) que se suministra al compresor.

Una bomba de calor típica tiene un COP entre 2 y 6, dependiendo de las temperaturas de los focos fríos y calientes.

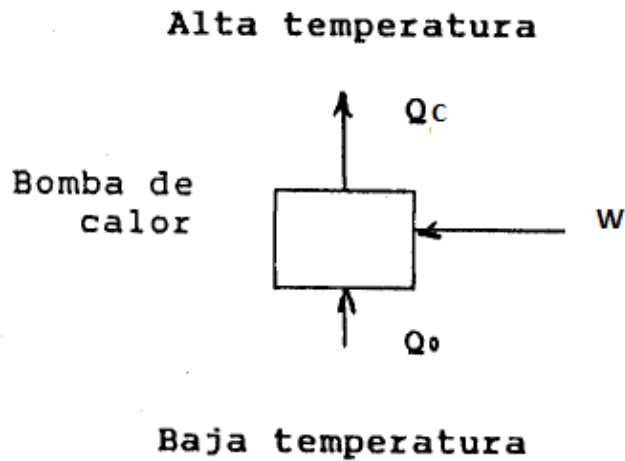


Fig. 12 Modelo termodinámico de una bomba de calor.[5]

Se puede determinar el COP, mediante las siguientes expresiones:

$$COP = \frac{Q_c}{W} \quad ; \quad COP = \frac{T_c}{T_c - T_f} \quad (1)$$

Donde:

COP: coeficiente de rendimiento.

Q_c : calor cedido al foco caliente (kW).

W: trabajo realizado al sistema (kW).

T_c : Temperatura del foco caliente (K).

T_f : Temperatura del foco frío (K).

1.3 INTERCAMBIADORES DE CALOR.

Un intercambiador de calor es un dispositivo que permite transferir calor entre dos medios que estén separados por una barrera o bien en contacto.

La forma de transferir calor de estos equipos es, a través, de la conducción y convección.

1.3.1 TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR.

Los intercambiadores se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Contacto indirecto.**

Tubos concéntricos o doble tubo: Son los más sencillos. Están constituidos por dos tubos concéntricos de diámetros diferentes. Uno de los fluidos fluye por el interior del tubo de menor diámetro y el otro fluido fluye por el espacio anular entre los dos tubos.

Hay dos posibles configuraciones en cuanto a la dirección de los fluidos: a contracorriente y en paralelo. A contracorriente los dos fluidos entran por los extremos opuestos y fluyen en sentidos opuestos; en cambio en paralelo entran por el mismo extremo y fluyen en el mismo sentido. [6]

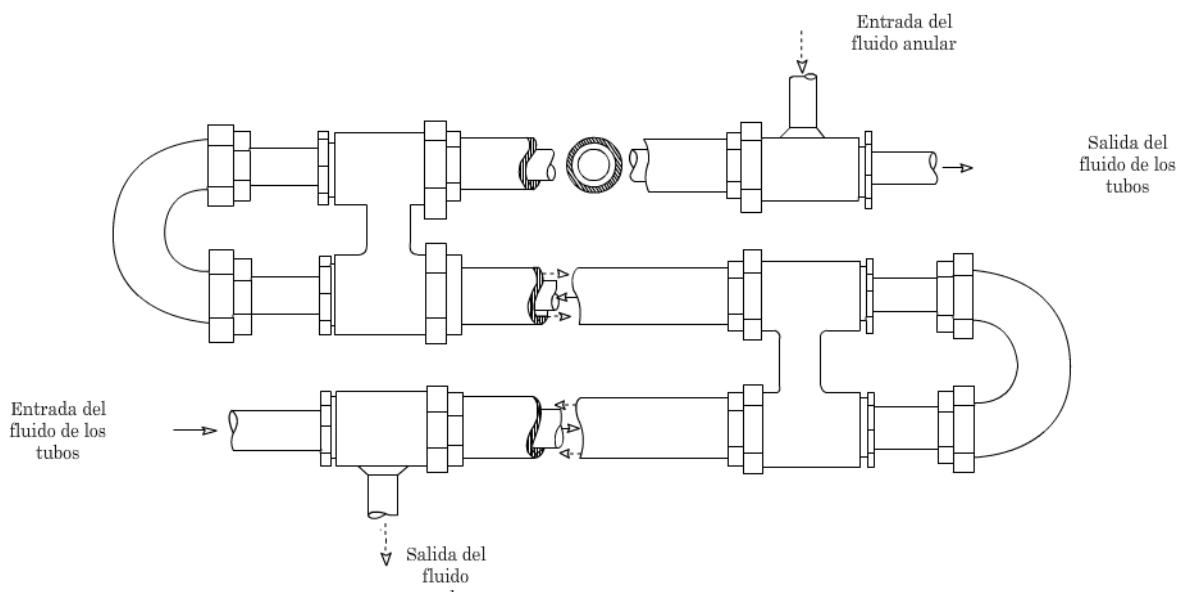


Fig. 13 Intercambiador de calor de doble tubo.

Coraza y tubos: El intercambiador de calor de coraza y tubos es el más utilizado en la industria. Está formado por una coraza y por multitud de tubos. Se clasifican por el número de veces que pasa el fluido por la coraza y por el número de veces que pasa el fluido por los tubos.

En los intercambiadores de calor de paso múltiple se utiliza un número par de pasos en el lado del tubo y un paso o más por el lado de la coraza. [6]

Intercambiador de calor de coraza y tubos 1-2

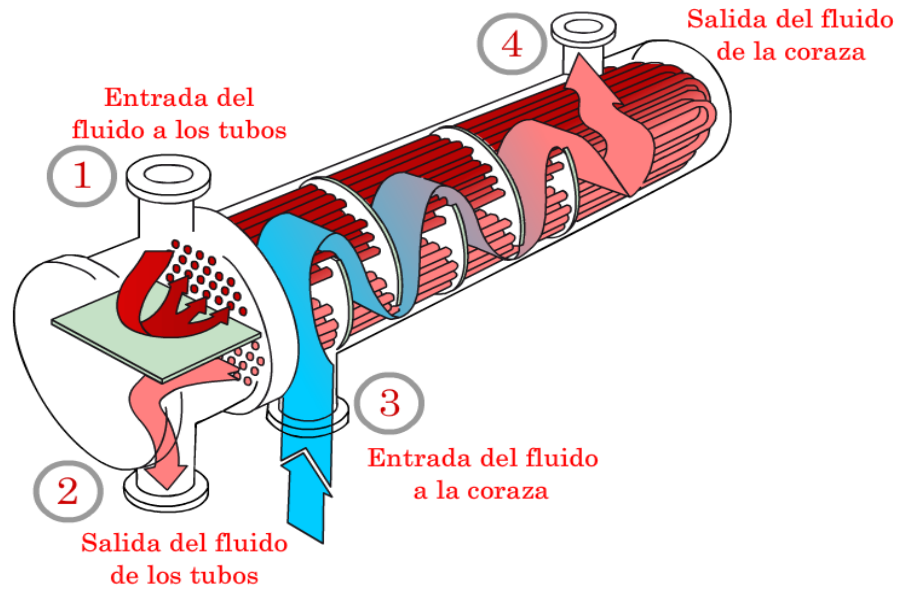


Fig.14 Intercambiador de calor de coraza y tubos 1-2.

Placas: Un intercambiador de calor de placas consiste en una sucesión de láminas de metal armadas en un bastidor y conectadas de modo que entre la primera y la segunda placa circule un fluido, entre la segunda y la tercera otro, y así sucesivamente.

Estas placas están separadas por juntas, fijadas en una coraza de acero.

La circulación de estos fluidos puede tener diferentes configuraciones, en paralelo y contracorriente. [6]

INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS

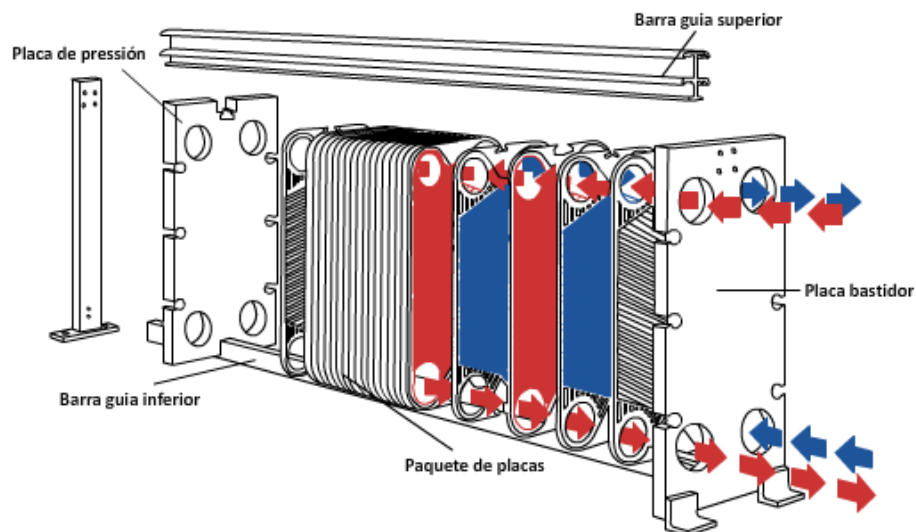


Fig. 15 Intercambiador de calor de placas.

Compactos: Los intercambiadores de calor compactos están diseñados para conseguir una gran área superficial de transferencia de calor por unidad de volumen.

En los intercambiadores compactos, los dos fluidos normalmente se mueven en direcciones ortogonales entre sí. Esta configuración del flujo recibe el nombre de flujo cruzado. El flujo cruzado se clasifica en mezclado (uno de los dos fluidos fluye libremente en dirección ortogonal al otro sin restricciones) y no mezclado (se ponen unas placas para guiar el flujo de uno de los fluidos). [6]

Ejemplos de intercambiadores de calor compactos son los radiadores de los autos.

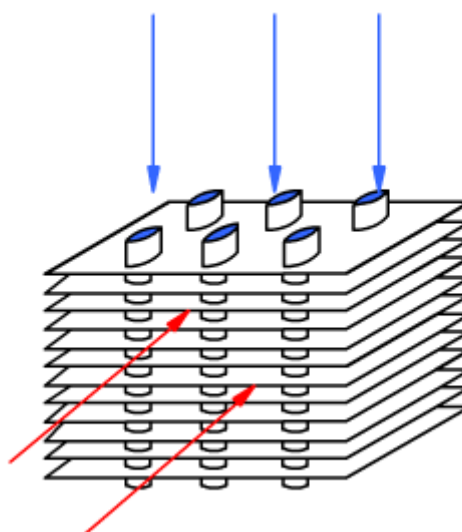


Fig. 16 Intercambiador de calor compacto.

- **Contacto directo.**

Torres de enfriamiento: Son un tipo de intercambiadores de calor que tienen como finalidad quitar el calor de una corriente de agua caliente, mediante aire seco y frío, que circula por la torre.

El agua caliente puede caer en forma de lluvia y al intercambiar calor con el aire frío, vaporiza una parte de ella, eliminándose de la torre en forma de vapor de agua.

Las torres de enfriamiento se clasifican según la forma de suministro de aire en: torres de circulación natural (atmosféricas, tiro natural), y torres de tiro mecánico (inducido, forzado, flujo cruzado). [6]

1.4 CALDERAS.

La caldera es un dispositivo para calentar agua o generar vapor a una presión mayor que la atmosférica mediante un proceso de transferencia térmica.

1.4.1 PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE UNA CALDERA.

Cuando se selecciona una caldera se debe tener en cuenta:

- Cantidad de vapor requerida.
- Presión, temperatura, calidad de vapor requerido.
- Variaciones de la carga.
- Calidad del agua de alimentación.
- Tipos de combustible.

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CALDERAS SEGÚN DISPOSICIÓN DE LOS FLUIDOS.

Las calderas se clasifican en función del paso del fluido caloportador a través de los tubos de intercambio.

- **Calderas acuotubulares:** El fluido de trabajo se desplaza en el interior de tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos.

Tienen un bajo volumen de agua. [7]

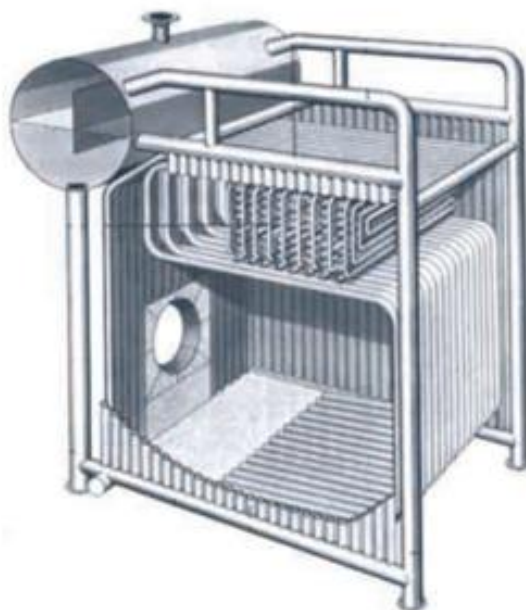


Fig. 17 Caldera acuotubular.[7]

- **Calderas Piro tubulares:** Los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Tienen un gran volumen de agua.

Las calderas piro tubulares se clasifican según la disposición del haz tubular en:

Calderas horizontales: El haz tubular está dispuesto de la parte delantera a la trasera de la caldera.



Fig.18 caldera piro tubular horizontal. [7]

Calderas verticales: El haz tubular está dispuesto de la parte inferior a la superior de la caldera.

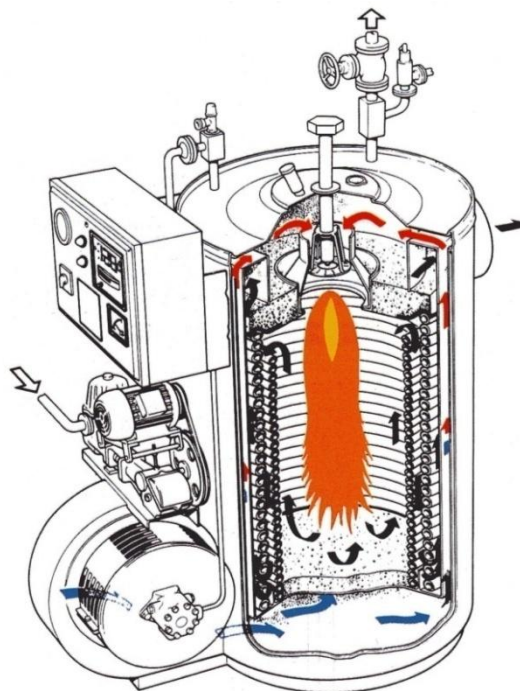


Fig. 19 Caldera piro tubular vertical. [7]

CAPÍTULO 2: ESTUDIO ACTUAL DE LA PLANTA.

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE REFINERÍA

El proceso global de la planta de refinería se puede observar en la siguiente figura, donde se observa al centro la nave electrolítica y los procesos que interactúan con ella.

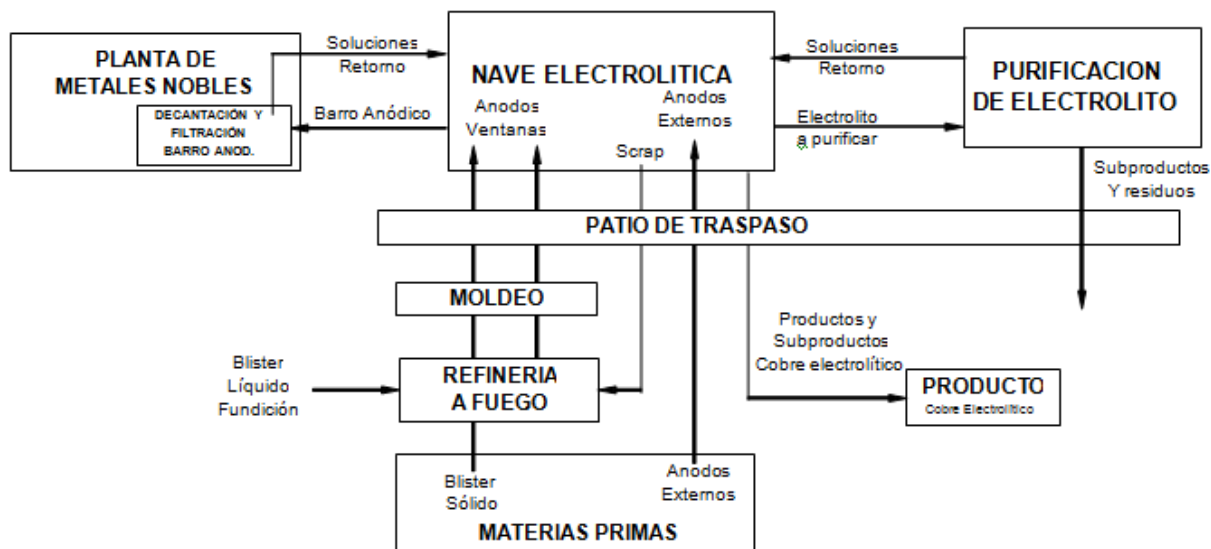


Fig. 20 Proceso Global de Refinación Electrolítica.

La planta de electro refinación de cobre, división Ventanas de CODELCO, cuenta con dos naves que albergan 6 circuitos con 8 grupos de 42 cubas cada uno, las que suman un total de 2016 cubas. [8]

2.2 CIRCULACIÓN DEL ELECTROLITO.

El electrolito es preparado en los estanques de circulación de 100 [m³], desde donde es transportado mediante una bomba centrífuga de caudal 400 [m³/h], a través del intercambiador de calor tubular, el cual aumenta la temperatura 3 a 4°C. Después de calentado el electrolito es levantado hacia los estanques cabeza de 5m³, ubicados a 6 [m] del suelo. Desde estos, por gravedad, son alimentados las cubas del circuito a un flujo constante de 20 [l/min]. La temperatura de entrada del electrolito a las cubas es de aproximadamente 63°C.

El condensado generado en los intercambiadores es almacenado en estanques, desde donde se distribuye para su uso en el lavado de cubas y electrodos, durante el periodo de cosecha. El condensado es usado también para reposición de electrolito por adición directa a los estanques de 100 m³.

Desde cada estanque de cabeza, se distribuye el electrolito a los 4 grupos del lado Sur y a los 4 del Norte. Estos reciben el electrolito en un manifold de mangueras flexibles de $\frac{3}{4}$ de pulgada que alimentan cada cuba por el extremo inferior y circula desde el fondo de la cuba subiendo a través de los electrodos. La salida del electrolito en la cuba es por rebalse, en el extremo opuesto a la alimentación. El manifold recibe el líquido por la parte central de cada grupo y se distribuye a través de las 42 cubas de cada grupo; de esta manera se tienen flujos mayores en las cubas centrales del grupo, en relación a las cubas que se encuentran en las laterales.

El electrolito que rebosa cada cuba es colectado en dos ductos, uno para las cubas del lado Sur y otro para las cubas del lado Norte, a través de los cuales es conducido nuevamente a los estanques de circulación. [8]

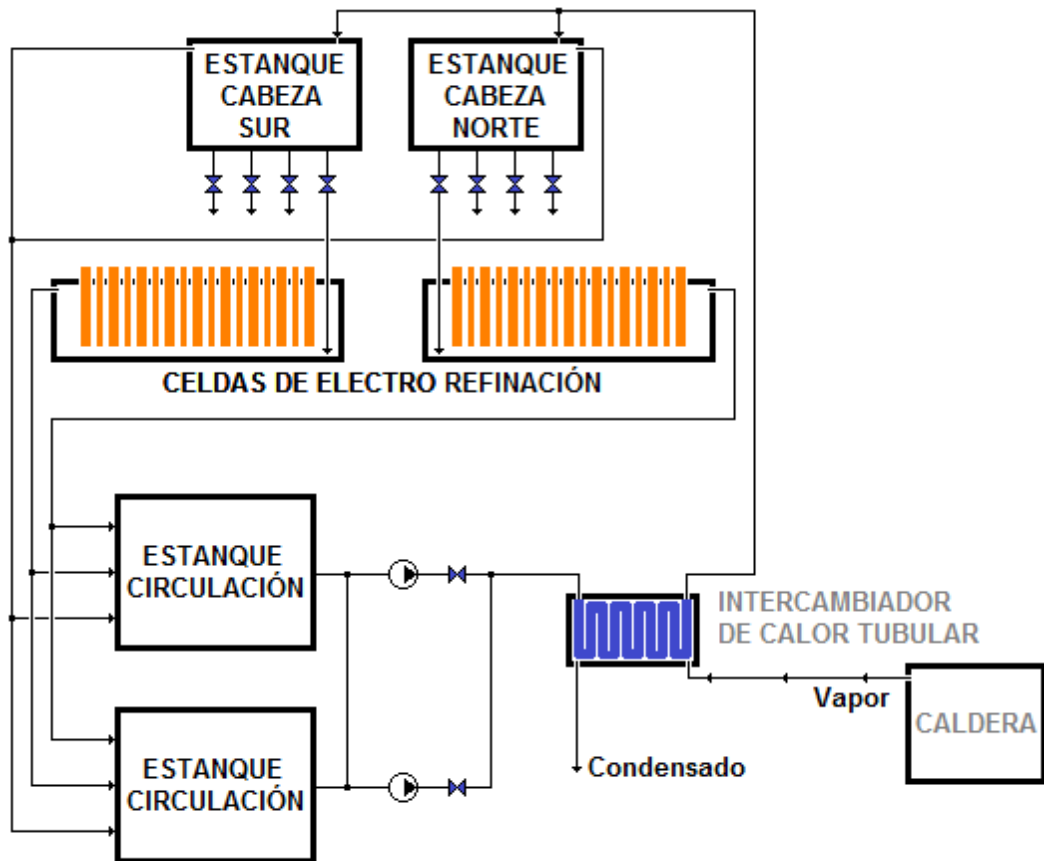


Fig. 21 Sistema de Circulación del Electrolito.

2.3 INSUMOS DEL PROCESO DE REFINACIÓN.

Vapor, condensado y agua potable: El principal consumo de vapor de Refinería lo ocasiona el calentamiento del electrolito. Consumos adicionales están representados por el calentamiento del agua de lavado de cátodos en el interior de la Nave.

El vapor condensado en los intercambiadores de calor, es colectado y almacenado en tres estanques, ubicados en la refinería, desde estos estanques, el condensado caliente es utilizado para el lavado de celdas y pisos, para el retro lavado de los filtros de finos y para el relleno de las cubas de lavado de cátodos; por su parte, el líquido de estas cubas de lavado una vez terminadas las tareas de la renovación de cada grupo, es enviado a los estanques de 100 m³, con lo que pasan a formar parte del electrolito. Adicionalmente, el condensado en exceso que pueda producirse, es enviado a central térmica como alimentación a las calderas.

Por otra parte, el agua potable sólo se utiliza para duchas de emergencia y para el aseo del personal.

En general Refinería Electrolítica es un sistema hidráulico cerrado donde el mayor volumen de salida, es la evaporación por efecto de la temperatura del electrolito y de la gran superficie de líquido expuesta al aire. Todos los líquidos que se incorporan a la Nave Electrolítica pasan finalmente a formar parte del electrolito con lo que se mantiene el volumen total del sistema. Por tanto al interior de la refinería electrolítica no se producen Residuos industriales Líquidos (RILes), re circulando todos los residuos de esta índole dentro del mismo procesos o en la central térmica para regeneración de vapor.

El consumo global de vapor es del orden de 360 ton/día. [8]

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

Las bombas de calor, en el ámbito industrial, son una excelente alternativa para recuperar el calor desechado al ambiente, que muchas veces provoca efectos desfavorables al medio. Se caracterizan principalmente por no emitir contaminantes al ambiente y por su alto rendimiento que puede superar el 600%.

Actualmente, en los procesos industriales donde se necesita una alta temperatura, se utilizan calderas alimentadas por combustibles fósiles, que en comparación con las bombas de calor, tienen una eficiencia muy baja y emiten grandes cantidades de CO₂.



Figura N°22 Diagrama de aprovechamiento de energía de una caldera.

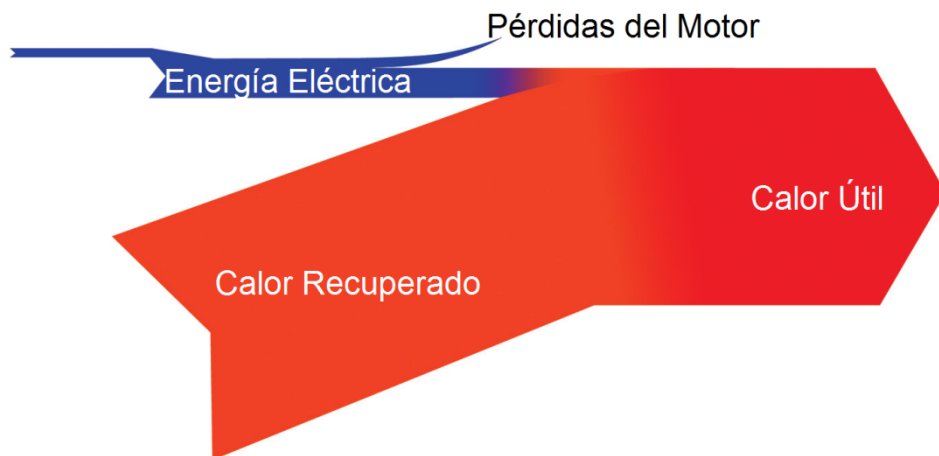


Figura N°23 Diagrama de aprovechamiento de energía de una bomba de calor.

En el siguiente grafico se puede comparar los niveles de emanación de CO₂ de los sistemas de generación de calor más utilizados en las industrias, teniendo en cuenta que para producir la misma cantidad de energía, unos sistemas contaminan más que otros.

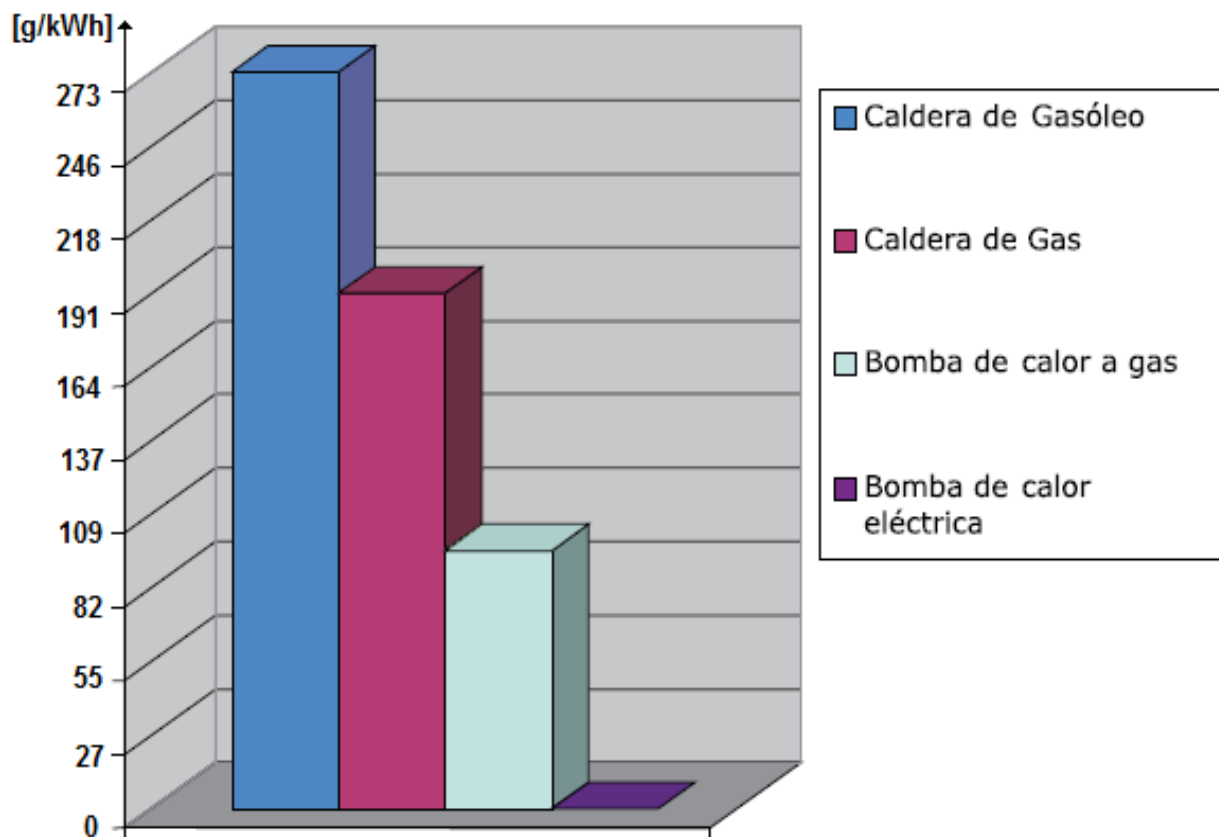


Figura N°24 Emisión de CO₂, por unidad de energía, de los sistemas de generación de calor.

[4]

3.1 CASO DE ESTUDIO.

- **Consideraciones previas al cálculo:**

Al tener fluidos en constante movimiento, se debe considerar la variación de la masa a través del tiempo, en física, esta variación se conoce como caudal másico, y se expresa como la cantidad de masa que atraviesa una superficie, en una unidad de tiempo:

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

Donde:

\dot{m} : Caudal másico; m : Masa; t : Tiempo.

Sabiendo que: $m = \rho \cdot V$

El caudal másico, también, puede ser calculado como: $\dot{m} = \frac{\rho \cdot V}{t}$

Donde:

ρ : Densidad; V : Volumen.

Para el cálculo de calor, es preciso considerar lo anterior, por lo que no se puede calcular directamente el calor sin considerar el tiempo de funcionamiento del sistema. De esta forma se calcula el calor por unidad de tiempo, lo que equivale a potencia. La ecuación queda de la siguiente forma:

$$\frac{Q}{t} = \frac{m \cdot C \cdot \Delta T}{t}$$

Sabiendo que: $\dot{m} = \frac{m}{t}$ y $P = \frac{Q}{t}$

Se reformula la expresión, quedando:

$$P = \dot{m} \cdot C \cdot \Delta T$$

Donde:

P : Potencia; Q : Calor; C : Calor específico; ΔT : Diferencia de temperatura.

- **Cálculo de potencia mínima de la bomba de calor.**

Se tienen los siguientes parámetros del electrolito:

$$\rho = 1.200 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$Q = 400 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{m} = \rho \cdot Q = 1.200 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 400 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (2)$$

$$\dot{m} = 480.000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$C = 0,964 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

$$T_f = 67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_f - T_i = 4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

Donde:

ρ : Densidad.

T_f : Temperatura deseada.

Q : Caudal.

T_i : Temperatura inicial.

C : Calor específico.

ΔT : Diferencia de temperatura.

\dot{m} : Caudal másico.

- **Capacidad calorífica mínima de la bomba de calor.**

$$P = \dot{m} \cdot C \cdot \Delta T \quad (4)$$

$$P = 480.000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,964 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right] \cdot 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 1.850.880 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$

Donde:

P : Potencia.

\dot{m} : Caudal másico.

C : Calor específico.

ΔT : Diferencia de temperatura.

Se pueden obtener los valores de potencia en diferentes unidades de medidas, utilizando la siguiente tabla:

De: \ A:	kCal/h	kW	BTU/h
kCal/h	1	0,001163	3,9654
kW	859,804	1	3.409,5106
BTU/h	0,25218	0,0002933	1

Tabla N° 1, relación entre distintas unidades de potencia.

$$P = 1.850.880 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right] \cdot 0,001163 \left[\frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{kcal}} \right] = 2.152,68 \text{ [kW]} \quad (5)$$

$$P = 1.850.880 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right] \cdot 3,9654 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{kcal}} \right] = 7.339.572,64 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right] \quad (6)$$

Para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema, se elige aquella bomba de calor presente en el mercado, cuya potencia sea inmediatamente superior a la requerida. De esta forma se utilizará una bomba con una capacidad calorífica de 2.289 [kW].

Por tanto, la variación de temperatura real del electrolito, queda determinada por:

$$P = 2.289 \text{ [kW]} \cdot 859,804 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kW}} \right] = 1.968.091,356 \text{ [kcal]} \quad (7)$$

$$\Delta T = \frac{P}{\dot{m} \cdot C} = \frac{1.968.091,356 \text{ [kcal]}}{480.000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,964 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]} = 4,25 \text{ }^\circ\text{C} \quad (8)$$

Donde:

P: Potencia.

\dot{m} : Caudal másico.

C: Calor específico.

ΔT : Diferencia de temperatura.

3.2 BOMBA DE CALOR A IMPLEMENTAR.

Para el estudio se eligió una bomba de calor que cuenta con un compresor de mono tornillo, que se caracteriza por tener una alta eficiencia, comparado con otros compresores, esta bomba de calor está diseñado para manejar amoniaco como refrigerante, de esta manera se asegura que el impacto ambiental sea mínimo. La bomba funcionará en régimen permanente.

Las características técnicas de la bomba se muestran en la siguiente tabla:

Fabricante	Vilter
Modelo	VHP-SC 451-500
Refrigerante	Amoniacó (NH ₃)
Potencia del motor	373 [kW]
Capacidad de calentamiento	2.289 [kW]
COP	6,98
Dimensiones (L; Al; An)	2,5 [m]; 2,3 [m]; 1,5 [m]

Tabla N°2 Características técnicas de la bomba de calor en estudio.

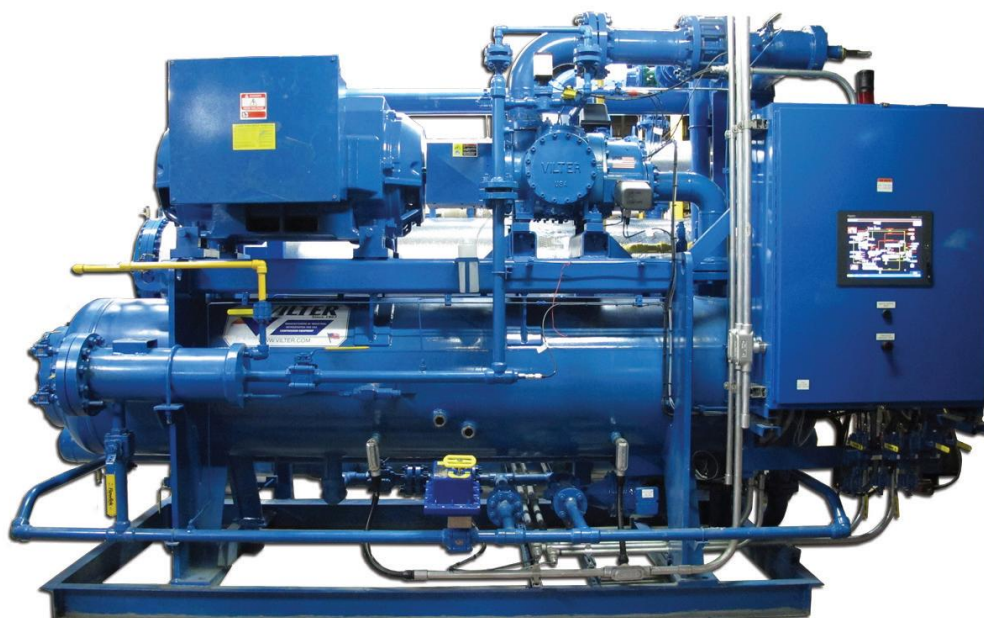


Figura N°25 Bomba de calor a implementar.

3.3 INTERCAMBIADOR DE CALOR A IMPLEMENTAR.

Considerando las ventajas que presentan los intercambiadores de calor de placas planas, se optó por este tipo para hacer el estudio. Estos intercambiadores se caracterizan por tener una alta capacidad de transferencia de calor, y por facilitar la mantención al poder desensamblarse de manera rápida, además tienen la particularidad de poder aumentar el número de placas, de manera de incrementar la superficie de intercambio.

Las características del intercambiador en estudio, se detallan en la tabla a continuación:

Fabricante	Standard Xchange
Numero de placas	123
Coefficiente de transferencia térmica	4.097 [W/m ² ·°C]
Área efectiva de transferencia	55,66 [m ²]
Presión máxima de funcionamiento	1,034 [kPa]
Rango de temperatura de funcionamiento	0-150 °C
Diámetro conectores	8"

Tabla N° 3 Características técnicas del intercambiador de calor en estudio.



Figura N° 26 Intercambiador de calor a implementar.

3.4 INTERCONEXIÓN BOMBA-INTERCAMBIADOR.

La bomba de calor será emplazada al interior de las naves de electro refinación, donde la temperatura ambiente promedio es de 25 °C. La bomba absorberá el calor a través del aire del ambiente y expulsará el aire frío al exterior del recinto, como se muestra en la siguiente figura:

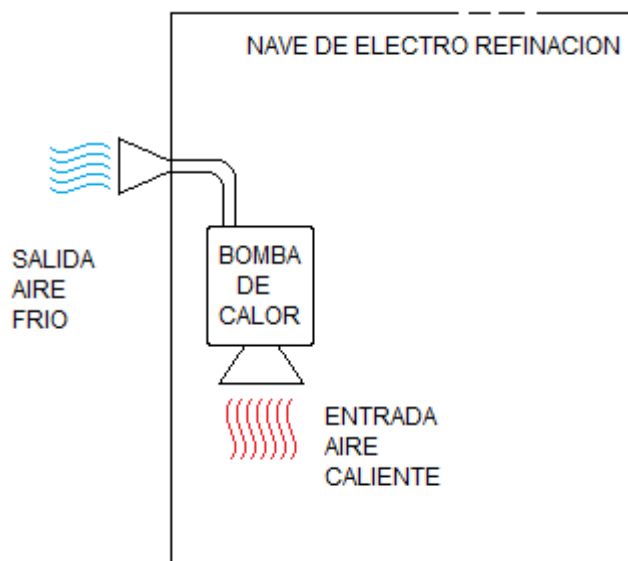


Figura N° 27 Esquema de emplazamiento de bomba de calor.

Como medio de transferencia del calor entre la bomba y el intercambiador, se utilizará un circuito cerrado de agua, impulsada por una bomba centrífuga a 120 [m³/h], en permanente funcionamiento

Se puede estimar la variación de temperatura del agua con la siguiente fórmula:

Sabiendo que:

$$\rho = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$Q = 120 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$\dot{m} = \rho \cdot Q = 120.000 \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (9)$$

$$P = 1.968.091,356 \text{ [kcal]}$$

$$C = 1 \left[\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} \right]$$

$$\Delta T = \frac{P}{\dot{m} \cdot C} = \frac{1.968.091,356 \text{ [kcal]}}{120.000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 1 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]} = 16,4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (10)$$

Donde:

ρ : Densidad del agua.

Q: Caudal de agua.

ΔT : Diferencia de temperatura.

P: Potencia de la bomba de calor.

\dot{m} : Caudal másico.

C: Calor específico.

Teniendo presente que la temperatura final del agua, debe ser mayor que la temperatura inicial del electrolito, para garantizar una transferencia de calor optima, se tiene:

$$T_{i(\text{Electrolito})} = 63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{f(\text{Agua})} = 64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, la temperatura inicial del agua es:

$$T_i = T_f + \Delta T = 64 \text{ } ^\circ\text{C} + 16,4 \text{ } ^\circ\text{C} = 80,4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

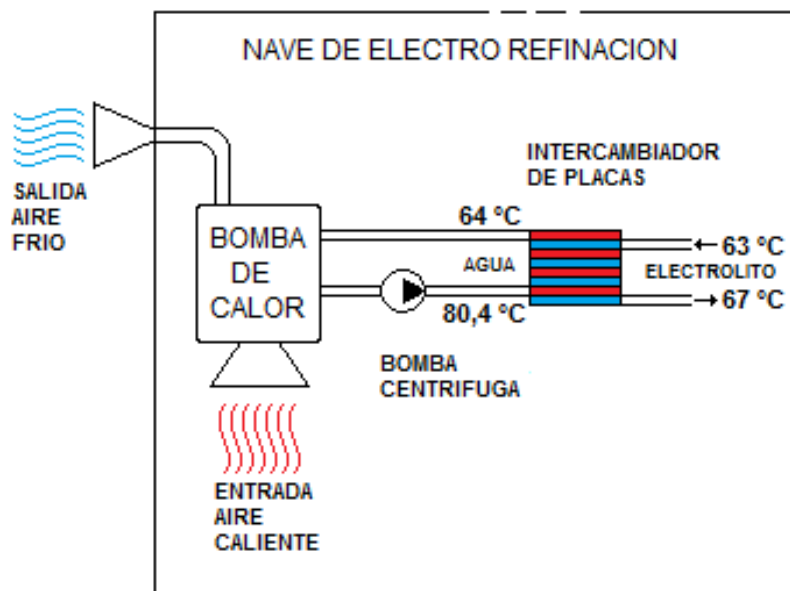


Figura N° 28 Esquema de conexión bomba-intercambiador de calor.



Figura N° 29 Bomba centrífuga del circuito de agua.

Fabricante	SAER
Modelo	CMK
Caudal	120 [m ³ /h]
Potencia nominal	1,5 [kW]

Tabla N° 4 Características técnicas de la bomba centrífuga.

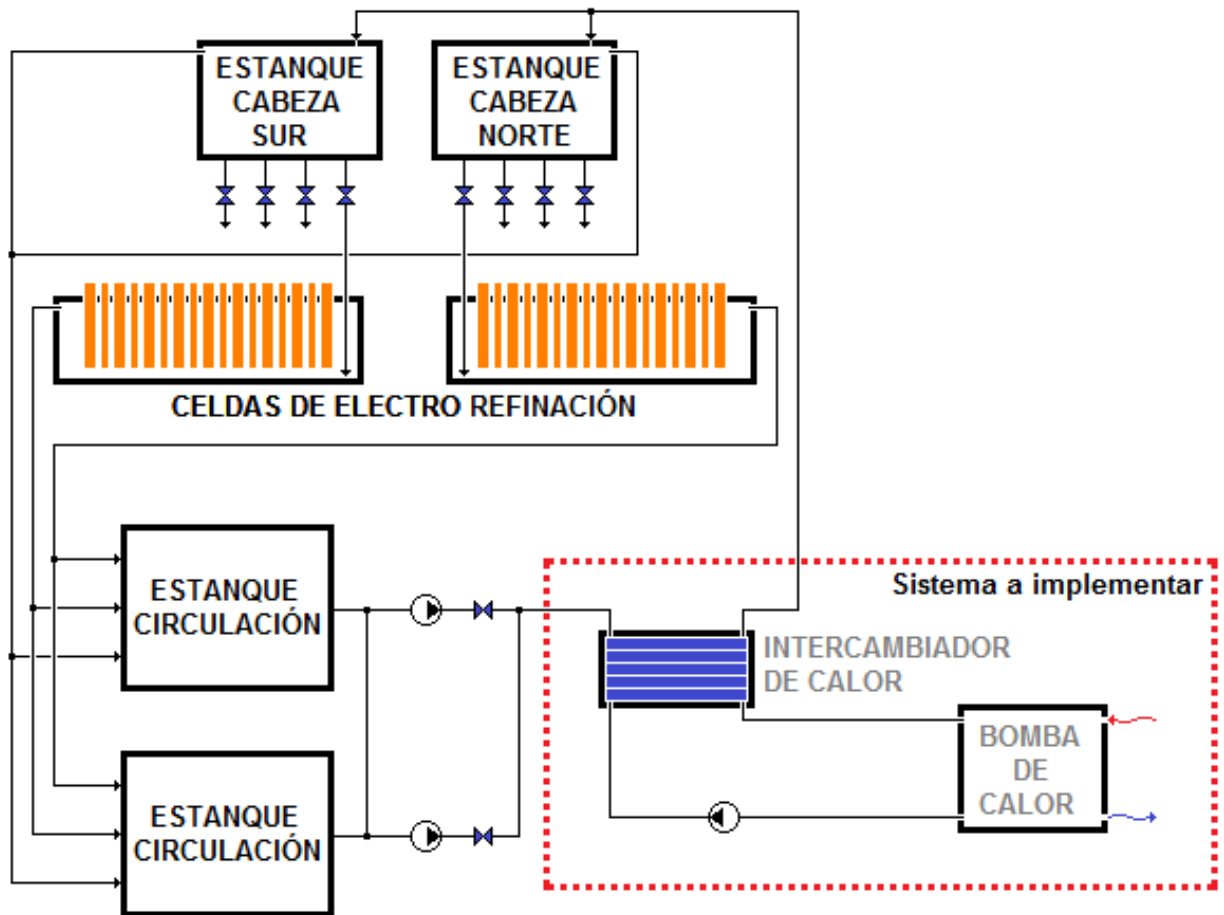


Figura N° 30 Esquema de implementación del sistema.

CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

Mediante el criterio del VAN, se determinará la factibilidad económica de la implementación del proyecto. Para ello se considera los valores de gastos actuales, inversión inicial y costos de funcionamiento del nuevo sistema, y valor residual al cabo de la vida útil de los equipos.

4.1 Costos asociados al sistema actual.

- **Cálculo de energía consumida por la caldera, en un año:**

En primer lugar se debe calcular la energía que suministra la caldera, para elevar la temperatura del electrolito, en un periodo de un año. Sabiendo que la potencia necesaria para cumplir con los requerimientos del sistema es 7.339.572,64 [BTU/h], y que el año posee 8760 [h]. La expresión del calor, queda expresada como sigue:

$$Q_0 = P \cdot t \quad (12)$$

$$Q_0 = 7.339.572,64 \left[\frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right] \cdot 8760 \text{ [h]}$$

$$Q_0 = 64.294,65 \cdot 10^6 \text{ [BTU]}$$

Considerando un rendimiento de la caldera de un 75%, se tiene que la energía de entrada es:

$$Q_i = \frac{Q_0}{\eta} \quad (13)$$

$$Q_i = \frac{64.294,65 \cdot 10^6 \text{ [BTU]}}{0,75}$$

$$Q_i = 85.726,2 \cdot 10^6 \text{ [BTU]}$$

Rigiéndose por la tarifa industrial de Metrogas, el precio de un millón de BTU es de US\$14,46, por tanto, el costo anual de gas natural es de:

$$\text{CAGN} = 85.726,2 \cdot 10^6 \text{ [BTU]} \cdot 14,46 \left[\frac{\text{US\$}}{10^6 \text{ BTU}} \right] \quad (14)$$

$$\text{CAGN} = \text{US\$ } 1.239.600,9$$

Donde:

CAGN: Costo Anual de Gas Natural.

- **Costo de mantención = US\$ 5.000**

4.2 Costos asociados al sistema propuesto.

- **Cálculo de energía total del sistema:**

Se determinará el consumo de energía eléctrica de la bomba de calor a implementar, considerando que el motor tiene una potencia de entrada de 373 [kW], y el tiempo de funcionamiento anual es de 8760 [h].

$$E_1 = P \cdot t \quad (15)$$

$$E_1 = 373[\text{kW}] \cdot 8760[\text{h}]$$

$$E_1 = 3.267,48 [\text{MWh}]$$

La potencia de la bomba centrífuga es de 1,5 [kW], y el tiempo de funcionamiento anual es de 8760 [h].

$$E_2 = P \cdot t \quad (16)$$

$$E_2 = 1,5[\text{kW}] \cdot 8760[\text{h}]$$

$$E_2 = 13,14 [\text{MWh}]$$

La energía total del sistema está dada por la suma aritmética de ambos consumos:

$$E_T = E_1 + E_2 \quad (17)$$

$$E_T = 3.267,48[\text{MWh}] + 13,14 [\text{MWh}]$$

$$E_T = 3.280,62 [\text{MWh}]$$

Donde:

E: Energía.

P: potencia.

t: Tiempo.

Considerando que la tarifa actual de energía eléctrica de la división ventanas de Codelco es de 100[US\$/MWh], tenemos que:

$$\text{CAEE} = E [\text{MWh}] \cdot 100 \left[\frac{\text{US\$}}{\text{MWh}} \right] \quad (18)$$

$$\text{CAEE} = 3.280,62 [\text{MWh}] \cdot 100 \left[\frac{\text{US\$}}{\text{MWh}} \right]$$

$$\text{CAEE} = \text{US\$ } 328.062$$

Donde:

CAEE: Costo Anual de Energía Eléctrica.

Equipo	Inversión Inicial	Costo Mantenimiento	Valor Residual	Vida Útil
Bomba de calor	US\$ 500.000	US\$ 2.000	US\$ 25.000	20 años
Intercambiador de calor	US\$27004	US\$ 1.000	US\$ 1.625	20 años
Bomba centrífuga	US\$ 500	US\$ 30	US\$ 25	20 años
TOTALES	US\$ 527.504	US\$ 3.030	US\$ 26.650	

Tabla N°5 Costos de los equipos a implementar.

NOTA: El intercambiador de calor se cotizó en pesos chilenos, para el cálculo se convirtió a dólares. Con valor de 1 USD = 615 CLP, a la fecha de 11-12-2014.

4.3 Criterio de factibilidad económica del proyecto (VAN).

Teniendo los gastos parciales, se puede calcular los valores totales, diferenciando los costos del sistema actual, de los costos asociados a la propuesta.

	Costos de operación	Costos de mantención	Costos Totales
Sistema actual	US\$ 1.239.600,9	US\$ 5.000	US\$1.244.600,9
Sistema propuesto	US\$ 328.062	US\$ 3.030	US\$ 331.092

Tabla N°6 Costos actuales y proyectados.

Para determinar si el proyecto es viable, se utilizará el criterio del VAN (Valor Actual Neto), donde los ingresos que se percibirán anualmente, será el ahorro que implica ejecutar el nuevo sistema, en relación a lo que actualmente se gasta. Un proyecto es rentable, cuando el valor del VAN, es mayor a cero; por el contrario, si el VAN es negativo, entonces, el proyecto no es viable.

$$A = CA - CP \quad (19)$$

$$A = US\$ 1.244.600,9 - US\$ 331.092$$

$$A = US\$ 913.508,9$$

Donde:

A: Ahorro anual.

CA: Costos Actuales.

CP: Costos Propuestos.

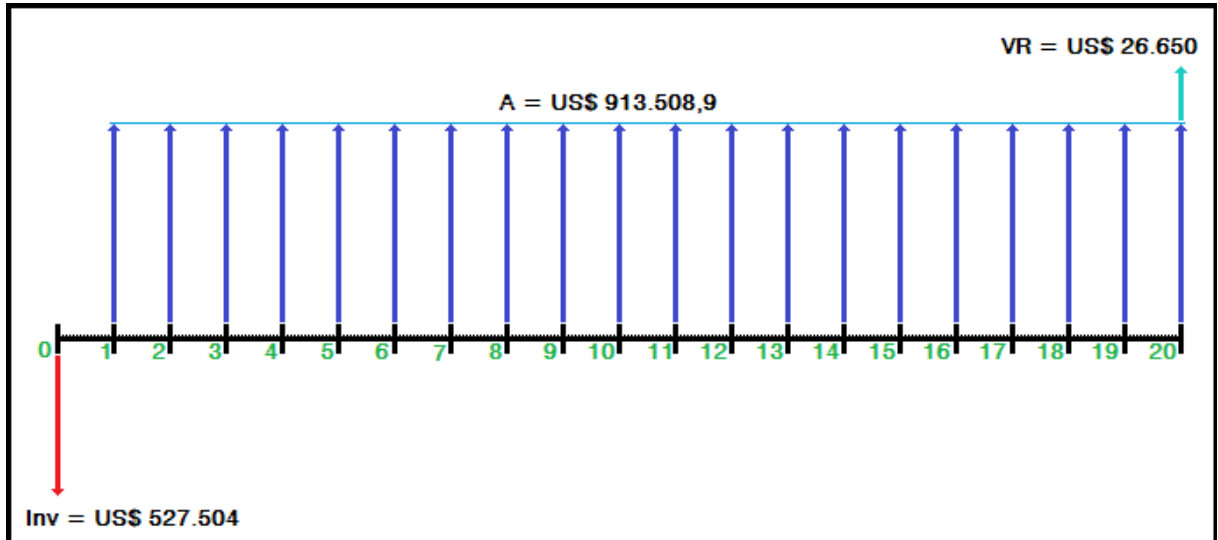


Fig. 31 Flujo de caja.

$$VAN = -Inv + A \cdot \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right] + \frac{VR}{(1+i)^n} \quad (20)$$

Donde:

VAN: Valor Actual Neto.

Inv: Inversión inicial.

A: Ahorro anual.

VR: Valor residual.

i: Tasa de interés.

n: Duración del proyecto (en años).

Para este proyecto, se considera una tasa de interés mínima de un 10%, y una duración de 20 años.

$$VAN = -US\$ 527.504 + US\$ 913.508,9 \cdot \left[\frac{(1 + 0,1)^{20} - 1}{(1 + 0,1)^{20} \cdot 0,1} \right] + \frac{US\$ 26.650}{(1 + 0,1)^{20}}$$

$$VAN = US\$ 7.253.673,6$$

Por consiguiente, analizando el resultado recién calculado, el proyecto no sólo es viable, sino, que también es altamente rentable. El valor del VAN, indica que se recupera la inversión inicial, y, además, se obtiene una ganancia, al término de la vida útil del proyecto, que corresponde al excedente entre el VAN y la inversión, esto es:

$$\begin{aligned} \text{Ganancia} &= \text{VAN} - \text{Inv} = \text{US\$ } 7.253.673,6 - \text{US\$ } 527.504 && (21) \\ \text{Ganancia} &= \text{US\$ } 6.726.169,6 \end{aligned}$$

Conclusiones.

- Con la implementación del sistema en estudio, se reducirán las emisiones de contaminantes, de efecto invernadero, a la atmosfera, provenientes del uso de combustibles fósiles en caldera.
- El nuevo sistema permite tener un ahorro considerable de la energía utilizada, y con esto, se reduce el costo de producción del cobre refinado.
- Con el remplazo del intercambiador tubular, por uno de placas planas, se logra una mayor transferencia de energía térmica, reducir las pérdidas, y con esto, el sistema requiere menor calor para elevar la temperatura del electrolito.

Bibliografía.

- [1] https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_electrorrefinacion.asp
- [2] <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=204865>
- [3] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/carnot/carnot.htm>
- [4] **Mauricio Toro, Cesar Isaza & Farid Chejne. (2007). Uso de las Bombas de calor de alta temperatura como alternativa para el uso racional de energía en la industria.pdf**
- [5] **Capitulo 2 aspectos teóricos sobre bombas de calor.pdf**
- [6] **Rosemberg Romero. (2004). Bombas de absorción para ahorro de energía.**
- [7] http://epsem.upc.edu/~intercanviadorsdecalor/castella/intercanviadors_calor.html
- [8] **Guía básica. (2013). Calderas eficientes industriales. Fenercom.**
- [9] **Informe DIA. (2007). Optimización de celdas.**

Anexo A
Catálogo de la bomba de calor.

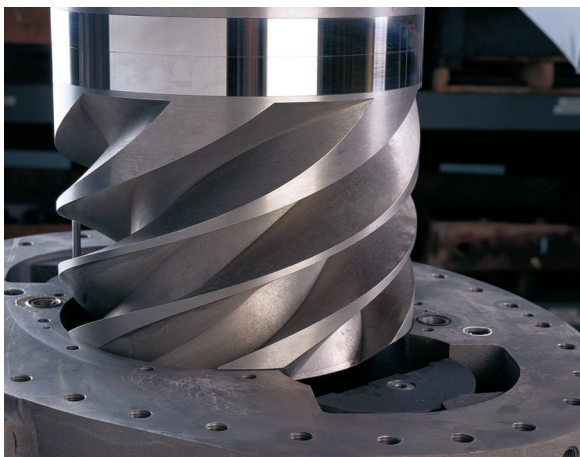
Bombas de Calor de Amoniaco Mono Tornillo

Aproveche el Calor...No lo Desperdicie



VILTER[™]
Since 1867


EMERSON[™]
Climate Technologies



Aproveche El Calor, No lo Desperdicie

Los procesos industriales consumen considerable energía de dos fuentes primarias para producir sus productos. La refrigeración mecánica aplicada en el procesamiento y preservación de productos consume energía eléctrica, mientras que el agua caliente suministrada para limpieza, cocción y calentamiento del proceso utiliza mayormente combustibles fósiles.

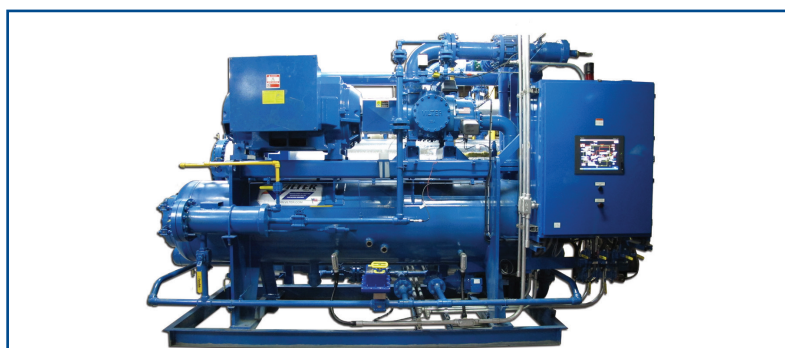
La cantidad considerable de energía absorbida por el amoníaco en la refrigeración industrial generalmente se desecha a la atmósfera como calor desperdiciado. Este calor rechazado tiene el potencial de compensar y reducir en forma significativa la cantidad de combustibles fósiles requeridos para producir agua caliente en la planta.

Con el creciente interés en conservar energía y agua, los procesadores industriales están aprovechando mejor el calor residual de los sistemas de refrigeración utilizando las últimas innovaciones en tecnología de compresores y optimizando el uso de sus recursos. Los usuarios reconocen el enorme potencial de aplicar bombas de calor industrial a sus procesos y convertir el calor residual en calor utilizable, que se logra

mediante el uso de la capacidad de alta presión de la tecnología de compresores de mono tornillo.

Vilter ha ampliado la línea de compresores de mono tornillo con la adición de modelos de compresores de tornillo para bombas de calor de alta presión. Estas unidades de compresor de tornillo con estructuras fabricadas de hierro nodular/dúctil o acero fundido, son capaces de funcionar con amoníaco a temperaturas de condensación sumamente altas. Integradas en los sistemas de refrigeración de amoníaco existentes, los compresores de bomba de calor proporcionan una aprovechan y convierten rechazado en agua caliente de alto grado, hasta 90°C (195°F).

Los compresores de bomba de calor de alta presión retienen las ventajas de diseño inherentes al mono tornillo de fuerzas equilibradas para larga duración y alta confiabilidad, correderas paralelas para rendimiento máximo en operación a carga total o parcial, y confiabilidad superior a cualquier compresor de dos tornillos.



Bomba de Calor de Amoníaco de Un Tornillo en una importante planta de procesamiento de carne

- Modelo VHP-SC-451-600
- Convierte el calor residual en agua caliente
- Elimina el calentador de agua caliente de combustible fósil
- Se puede instalar en un sistema de amoníaco existente
- 45.4 m³/h a 16.7°C a 62.8°C (200 GPM at 62°F to 145°F)
- COP medio de 5.0

Comparación de Eficiencias Energéticas: Caldera de Combustible Fósil y Bomba de Calor

Ineficiencia de La Caldera

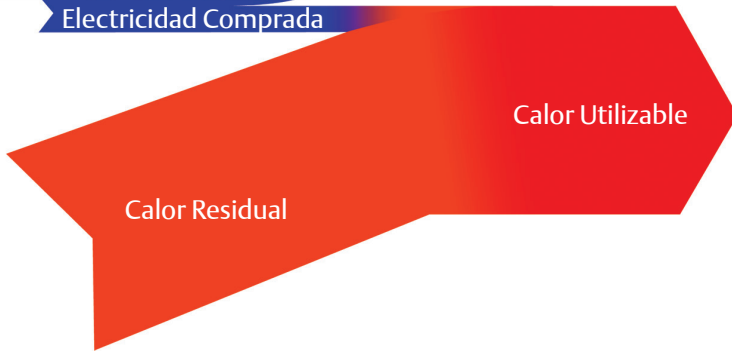


Caldera de Combustible Fósil

$$\frac{100 \text{ unidades de calor utilizable}}{120 \text{ unidades de energía consumida}} = \mathbf{0.83 \text{ COP}}$$

Ahorros del Sistema Principal Ineficiencia del Motor

Electricidad Comprada



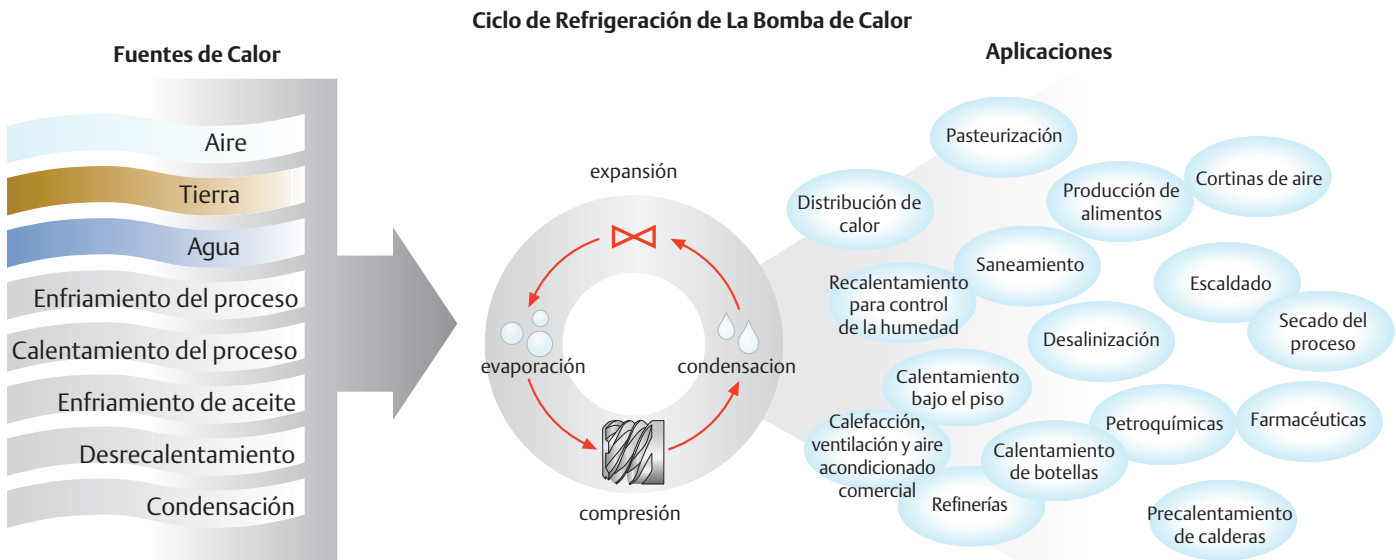
Bomba de Calor

$$\frac{83.3 \text{ unidades de calor residual} + 16.7 \text{ unidades de energía del compresor}}{16.7 \text{ unidades de energía del compresor}} = \frac{100 \text{ unidades de calor utilizable}}{16.7 \text{ unidades de energía del compresor}} = \mathbf{6.0 \text{ COP}}$$

Fuentes de Calor Recuperable

Las bombas de calor extraen calor de una variedad de fuentes y aumentan la temperatura para uso en muchas aplicaciones industriales. La capacidad de compresión avanzada de la tecnología de mono tornillo de Vilter ha

contribuido al desarrollo de bombas de calor para aplicaciones industriales, proporcionando capacidades más altas y una mayor gama de temperaturas que las anteriores generaciones de compresores de bomba de calor.



Rendimiento de La Bomba de Calor Vilter con Compresion Amoniaco

VHP-SC- (CFM - HP)	Succión Saturada		Temperatura de Agua de Salida		Caudal de Agua		Capacidad de Calentamiento		Potencia en el eje		COP
	°C / barg	°F / psig	°C	°F	m ³ /h	GPM	kW	MBH	kW	BHP	
291-300	35.0 / 12.5	95 / 181	55.7	132.3	34.8	153.1	1,733	5,912	183.1	245.5	9.46
	29.4 / 10.5	85 / 152	56.2	133.2	30.3	133.2	1,524	5,199	193.1	258.9	7.89
	23.9 / 8.7	75 / 126	56.8	134.2	26.1	114.8	1,331	4,540	196.5	263.5	6.77
291-350	35.0 / 12.5	95 / 181	61.9	143.4	29.2	128.7	1,666	5,686	220.1	295.1	7.57
	29.4 / 10.5	85 / 152	62.7	144.9	25.3	111.4	1,466	5,003	225.5	302.4	6.50
	23.9 / 8.7	75 / 126	63.2	145.8	21.7	95.5	1,269	4,331	219.5	294.4	5.78
	35.0 / 12.5	95 / 181	65.8	150.5	26.5	116.6	1,630	5,561	238.5	319.9	6.83
	29.4 / 10.5	85 / 152	67.0	152.6	22.8	100.4	1,435	4,895	241.9	324.4	5.93
291-400	23.9 / 8.7	75 / 126	66.7	152.0	19.5	86.0	1,220	4,163	233.2	312.8	5.23
	35.0 / 12.5	95 / 181	69.5	157.1	24.2	106.6	1,593	5,435	257.2	345.0	6.19
	29.4 / 10.5	85 / 152	70.4	158.7	20.9	92.1	1,397	4,768	251.7	337.6	5.55
341-350	23.9 / 8.7	75 / 126	69.6	157.2	17.8	78.4	1,174	4,006	247.6	332.0	4.74
	35.0 / 12.5	95 / 181	55.5	131.9	43.2	190.2	2,141	7,307	220.3	295.4	9.72
	29.4 / 10.5	85 / 152	55.9	132.7	37.7	166.1	1,889	6,444	231.9	311.0	8.14
341-400	23.9 / 8.7	75 / 126	56.4	133.5	32.7	143.8	1,654	5,642	235.8	316.2	7.01
	35.0 / 12.5	95 / 181	61.6	142.9	36.5	160.8	2,068	7,057	264.0	354.1	7.83
	29.4 / 10.5	85 / 152	62.4	144.4	31.7	139.5	1,824	6,225	270.6	362.9	6.74
341-450	23.9 / 8.7	75 / 126	62.9	145.2	27.3	120.0	1,584	5,405	263.5	353.3	6.01
	35.0 / 12.5	95 / 181	65.6	150.0	33.2	146.0	2,029	6,922	286.4	384.1	7.08
	29.4 / 10.5	85 / 152	66.6	151.9	28.7	126.2	1,791	6,110	290.1	389.1	6.17
	23.9 / 8.7	75 / 126	66.2	151.1	24.7	108.6	1,527	5,210	280.1	375.6	5.45
	35.0 / 12.5	95 / 181	69.1	156.4	30.4	133.8	1,987	6,781	308.5	413.7	6.44
451-500	23.9 / 8.7	75 / 126	68.9	156.1	22.6	99.4	1,472	5,022	296.6	397.8	4.96
	35.0 / 12.5	95 / 181	55.3	131.6	59.6	262.6	2,944	10,045	309.8	415.4	9.50
	29.4 / 10.5	85 / 152	55.7	132.2	52.4	230.6	2,605	8,890	324.4	435.0	8.03
451-600	23.9 / 8.7	75 / 126	56.1	132.9	45.6	200.8	2,289	7,809	327.8	439.5	6.98
	35.0 / 12.5	95 / 181	61.3	142.4	52.6	231.7	2,944	10,045	385.2	516.6	7.64
	29.4 / 10.5	85 / 152	62.2	144.0	46.2	203.5	2,605	8,890	391.7	525.2	6.65
	23.9 / 8.7	75 / 126	62.7	144.8	40.2	177.1	2,289	7,809	384.5	515.6	5.95
	35.0 / 12.5	95 / 181	65.4	149.7	45.2	198.9	2,758	9,410	399.6	535.8	6.90
	29.4 / 10.5	85 / 152	66.2	151.2	39.4	173.6	2,444	8,339	401.9	538.9	6.08
	23.9 / 8.7	75 / 126	65.8	150.5	34.0	149.8	2,094	7,144	389.1	521.7	5.38
	35.0 / 12.5	95 / 181	68.8	155.9	41.4	182.3	2,691	9,181	428.3	574.4	6.28
	29.4 / 10.5	85 / 152	69.6	157.3	36.1	158.8	2,377	8,110	420.5	563.9	5.65
601-600	23.9 / 8.7	75 / 126	68.5	155.3	31.1	137.1	2,012	6,865	411.3	551.6	4.89
	35.0 / 12.5	95 / 181	55.2	131.3	69.8	307.3	3,434	11,716	349.9	469.2	9.81
	29.4 / 10.5	85 / 152	55.4	131.8	61.4	270.2	3,039	10,369	362.1	485.6	8.39
	23.9 / 8.7	75 / 126	55.8	132.5	53.6	235.8	2,673	9,121	369.1	495.0	7.24
	35.0 / 12.5	95 / 181	61.2	142.1	58.6	258.2	3,293	11,235	412.0	552.5	7.99
	29.4 / 10.5	85 / 152	62.0	143.6	51.1	225.1	2,920	9,963	423.0	567.3	6.90
601-700	23.9 / 8.7	75 / 126	62.4	144.3	44.4	195.3	2,552	8,709	414.2	555.5	6.16
	35.0 / 12.5	95 / 181	65.1	149.1	53.0	233.4	3,217	10,976	446.0	598.1	7.21
	29.4 / 10.5	85 / 152	65.8	150.4	46.4	204.5	2,856	9,746	452.5	606.8	6.31
	23.9 / 8.7	75 / 126	65.3	149.6	40.2	177.1	2,453	8,371	439.5	589.4	5.58
	35.0 / 12.5	95 / 181	68.4	155.1	48.7	214.3	3,140	10,714	481.5	645.6	6.52
601-700	29.4 / 10.5	85 / 152	69.2	156.5	42.6	187.6	2,787	9,509	482.8	647.5	5.77
	23.9 / 8.7	75 / 126	67.9	154.2	36.9	162.3	2,358	8,045	464.9	623.5	5.07

VHP = Vilter Heat Pump SC = Scavenging CFM = Nominal Compressor Displacement in Cubic Feet per HP = Motor Horsepower Potencia del motor COP = Coefficient of Performance (Bomba de calor Vilter) (Recuperación) (Desplazamiento nominal del compresor en pies cúbicos por minuto) (Potencia del motor) (Coeficiente de rendimiento)
 Las capacidades nominales se basan en: 1) Temperatura de succión supercalentada de la bomba de calor de 71.1°C (160°F) (descarga del sistema de refrigeración principal).
 2) Temperatura de entrada del agua 12.8°C (55°F).
 3) Potencia a 60 Hz.
 Consulte con la fábrica sobre rendimientos nominales en condiciones alternas.

Anexo B
Cotización del intercambiador de calor.



ANTUMEC INGENIERÍA Y SERVICIOS LTDA.
RUT: 76.269.406-9
Giro: Com. Equipos, Sist. Industriales y Repuestos
Av. Irrazábal 2821 of 617, Torre B, Ñuñoa, Santiago,
Fono: (56 - 2) 27060751

COTIZACION 459-14

Fecha: 29 de agosto de 2014

Sr (es): Universidad del Bio Bio
Att. Sr (a): Luis Silva
Referencia: Intercambiador de Calor
Vendedor: Rodrigo Contreras C.

Fono:
e-mail: lesilva@ubiobio.cl
Móvil: (9) 56581980

Item	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario	Valor Total
1	01	C/U	Intercambiador de Calor Placas y Empaquetaduras Standard Xchange P43-123-TK	\$ 13.955.656	\$ 13.955.656
			Especificaciones Tecnicas: - placas: SS316 0.5 mm - empaquetaduras: EPDM HT - bastidor: acero carbono - conexiones: 8" ANSI #150 lined studded, SS316		
			Notas: 1. Se adjuntan Data Sheet y Plano de Cotización		
				Total Neto	\$ 13.955.656
				IVA (19%)	\$ 2.651.575
				Total	\$ 16.607.231

Forma de Pago: 50% con la Orden de Compra y 50% contra entrega
Validez Cotización: 15 días
Garantía: 12 meses por defectos de fabricación, bajo condiciones normales de operación nuestras bodegas, Santiago
Lugar de Entrega: 14 semanas una vez confirmada y aceptada su orden de compra.
Plazo de entrega:
Embalaje: pallet de madera

Consideraciones:

- Esta Cotización no contempla la aceptación de ningún tipo de multas.
- Exclusiones: Montaje, conexión, puesta en marcha y obras civiles. Salvo que se indique explícitamente lo contrario.
- La presente Cotización está dirigida para el conocimiento y uso exclusivo del cliente, no teniendo ningún tipo de validez ante terceros.

Rodrigo Contreras C.

Anexo C
Catálogo del intercambiador de calor.



Plateflow[®] Plate & Frame Heat Exchangers

EFFICIENT HEAT TRANSFER. COMPACT DESIGN.

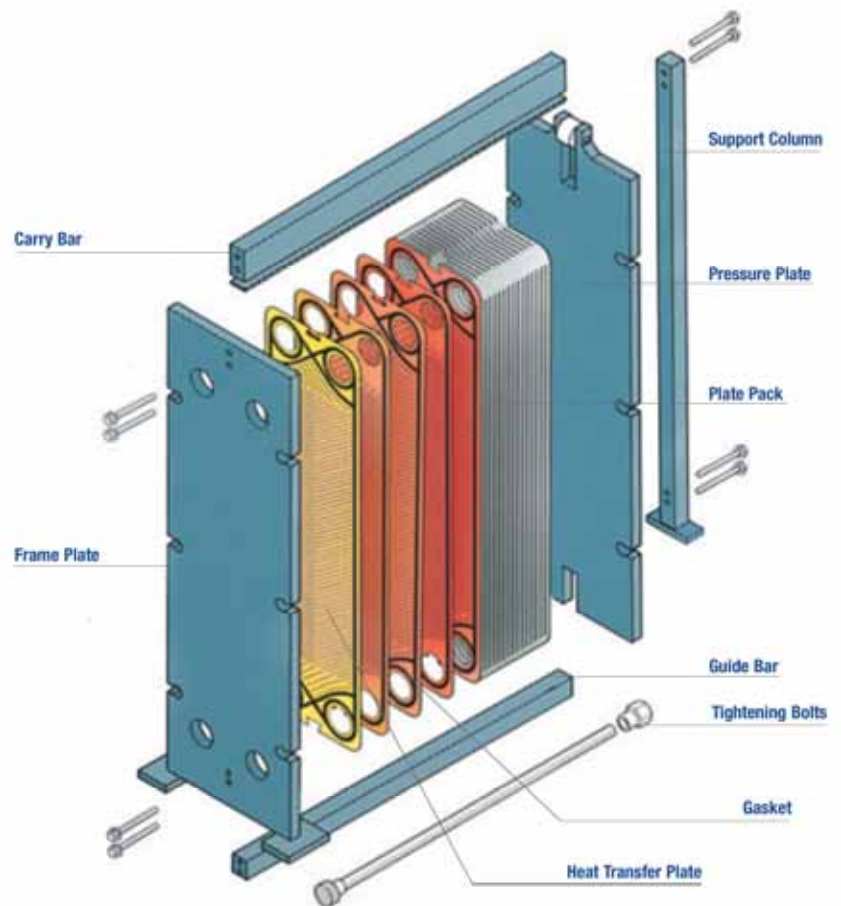
Standard **X**change
a xylem brand

Exceptional Choice

No other technology is more compact, efficient, or flexible than Plateflow®.

Easy to install and maintain

- Easy to install and move
- Readily expandable and easy to inspect or clean
- Opening or closing the unit typically does not require disconnecting the piping
- Plateflow® has vertical flow, so inlet and outlet connections are above and below each other and on the same plane for easy installation
- Tightening bolt design allows opening and closing the unit from frame plate
- Studded connections withstand higher piping loads than nozzles
- With studded connection no welding is required



Standard **X**change

Compact Design

BIG ON HEAT TRANSFER. SMALL ON SPACE.

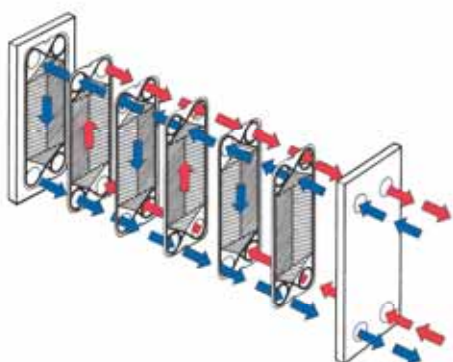


Plateflow® heat exchangers provide more heat transfer in less space. The Plateflow® design is compact and efficient.

- Plateflow® models have higher surface area to volume ratios than conventional shell and tube heat exchangers.
- Plateflow® offers superior heat transfer coefficients compared to shell and tube heat exchangers. This is obtained through the unique plate designs that generate high turbulence.
- Plateflow® offers “true” countercurrent flow. This maximizes the mean temperature difference between the fluids.

These attributes allow Plateflow® to perform with one-third to one-fifth the surface area of a conventional shell and tube heat exchanger for the same application. The superior heat transfer capabilities make Plateflow® an exceptional choice for heat transfer applications like heat recovery, applications with viscous fluids and large temperature cross situations. *Standard Xchange offers a numerous choice of models and options to suit your particular heat transfer requirements.*

HOW PLATEFLOW® WORKS.



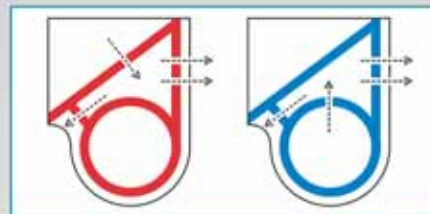
Plateflow® uses a combination of chevron-style heat transfer plates sequenced between a frame plate and pressure plate. The heat transfer plates have holes at the four corners. These holes form a header that distributes the respective fluids to the opposite sides of each plate when the plates align. The fluids are confined to the heat transfer surface of the plate or the port as appropriate with elastomer gaskets.

Countercurrent flow is obtained with a given fluid traveling up one side of a plate and the other fluid down the opposite side of the plate. The plate's chevron patterns create metal to metal contact points between adjacent plates for added strength. This allows differential pressures equal to the design pressure. The entire assembly is held together with tightening bolts. Carry and guide bars are used to obtain the proper alignment. The Plateflow® design is extremely flexible.

GASKETS

LOW MAINTENANCE.

Plateflow® models include a one-piece molded gasket. This standard gasket is designed with two rings to confine each fluid to the appropriate port region of the plate, a field region of the gasket to confine the fluid to the heat transfer area of the plate and a vented region in between. This design creates a double gasket with a leak path to atmosphere through the vented region to prevent any cross contamination of the fluids due to a gasket failure. A leak due to a gasket failure is detected as a leak to atmosphere prior to any chance for cross contamination. Standard Xchange offers various options of glueless gaskets as well as glued gaskets.



• Double gasketing prevents cross-contamination.



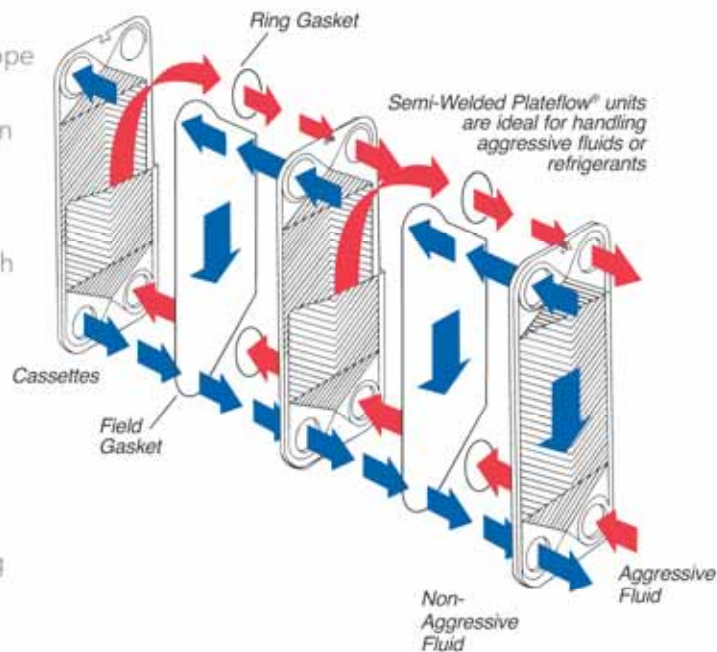
• Glueless gasket option.

WELDED PLATE

HEAVY DUTY.

The semi-welded Plateflow® design expands the application envelope of plate heat transfer technology to applications that are aggressive to standard elastomers and other applications where leak prevention is critical.

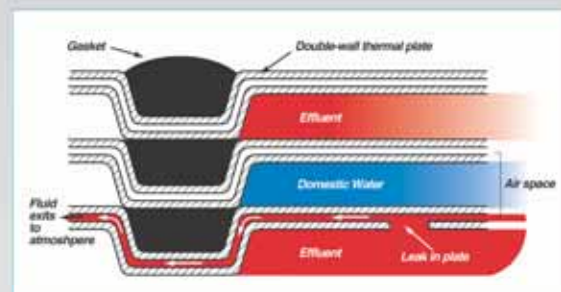
The semi-welded Plateflow® design utilizes two plates laser welded together to form a cassette. The cassettes form channels within which the welded-side fluid flows. Two ring gaskets and a field gasket are used between adjacent cassettes in the same fashion as gasket in the standard Plateflow® design. The ring gaskets confine the welded side fluid between the adjacent cassettes and can be made of Chloroprene or a more traditional elastomer gasket. The design eliminates the welded-side's exposed gasket surface by approximately 90%. The semi-welded Plateflow® is exceptional for refrigerant, aggressive chemical, or any applications where reducing the fluid's contact with elastomers is desired.



DOUBLE -WALL

BUILT FOR PROTECTION.

The nature of the basic Plateflow® design includes a double gasketing feature for extra protection against gasket failure. With double-wall units, that additional protection is extended to guard against plate failure as well. Two plates are positioned together with a unique sealing mechanism at the port holes to form one assembly with an air space between the plates. This unique feature protects against contamination of one fluid by another. If one of the plates should corrode and develop a leak, the fluid would enter the air space and exit to the atmosphere, instead of entering the opposing passageway.

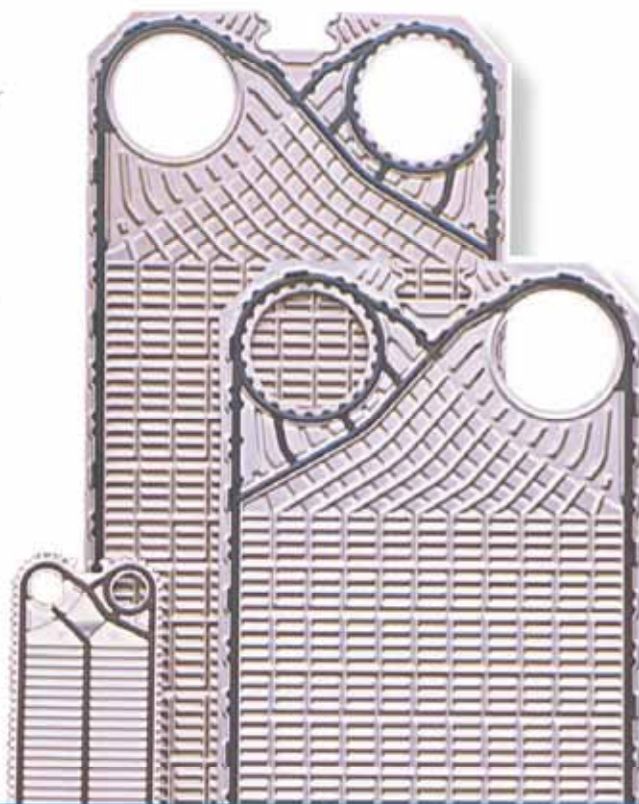


FREE-FLOW

WORRY FREE.

Free-flow units offer the same features of basic Plateflow® models, with the added benefit of exceptional clog-resistance for high-fiber or coarse-fiber applications.

The Standard Xchange Free-flow models feature minimum or no metal-to-metal contact points between adjacent plates to reduce points for particles to catch on the plates. Free-flow models can handle fluids with particulate, pulp or fibrous materials up to 6mm in diameter and 5mm long. The free-flow feature is ideal for heat reclamation in pulp and paper or chemical processing, where wash water, white water, fibrous water slurries or high viscosity fluids are used.



Versatility

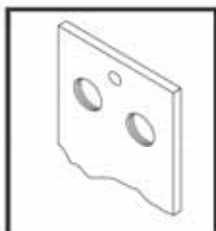
Adaptable Construction.

A wide variety of plate construction materials are available, including 304 or 316 Stainless Steel, Titanium, Hastelloy®, Incolloy®, and other metals. Various connection types are available to match the application requirements. Gasketed, semi-welded, double wall, and free flow plates are designed to meet a wide variety of applications.

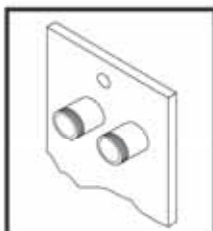
TECHNICAL DATA

PERFORMANCE: MAXIMUM FLOWRATE (GPM)	30,000 GPM
MAX. HEAT TRANSFER AREA (Sq. Ft.)	Up to 50,000 Sq. Ft.
CONNECTIONS: NPT NOZZLES-SIZE (Inches)	1 Inch to 2.5 Inch
CONNECTIONS: ANSI STUDDER-SIZE (Inches)	3 Inch to 24 Inch
FRAME MATERIALS	Primed and Epoxy Coated Carbon Steel
PLATE MATERIALS	Stainless Steel, Titanium, Hastelloy™, Other Higher Alloys
GASKET MATERIALS	Nitrile, EPDM, Viton™
FRAME DESIGN PRESSURE	150 psi and 300 psi Standard. Up to 450 psi by request.
DESIGN TEMPERATURES	- 31°F to 338°F
BOLTING MATERIALS	Zinc Plated Carbon Steel, Options Available
PLATE PACK SHROUD	Aluminum with Option for Stainless Steel

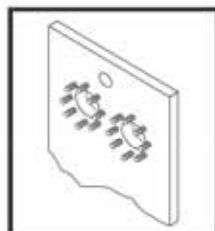
MULTIPLE CONNECTION TYPES



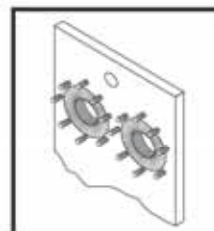
Standard threaded connection.



Threaded connection with alloy nozzle.

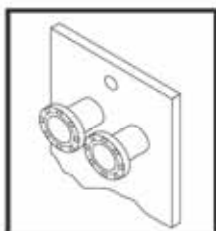


Standard studded connection.

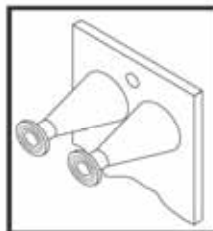


Studded connection with alloy lining.

OPTIONAL



Flanged connection.



Sanitary Quick-Disconnect nozzle.

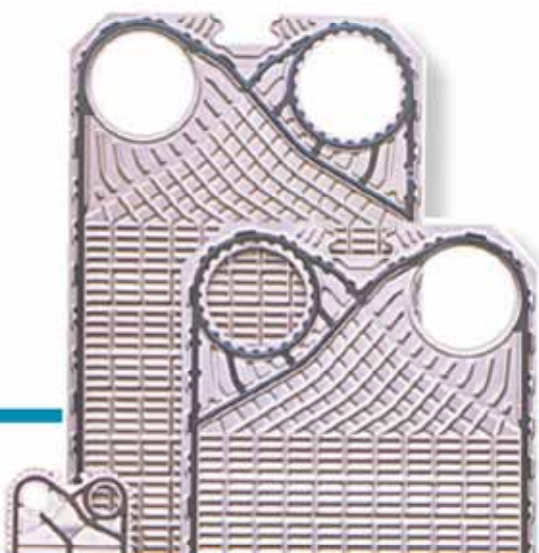
OTHER CONNECTION TYPES AVAILABLE UPON REQUEST.

ADVANCED SOLUTIONS

The Plateflow® gasketed plate heat exchanger is designed to meet industry requirements. Web based computerized thermal design software provides the optimal solution. Standard Xchange offers one of the broadest ranges of models for plate and frame heat exchangers to meet your application needs.

Industry Codes Available

- ASME Section VIII Division 1 with U-1 Stamp Construction
- ASME Section III with N Stamp Construction
- Canadian CRN
- EC Pressure Equipment Directive
- China ML
- Brazil NR-13
- API 662
- ASCE-7, IBC, UBC
- AHRI Standard 400
- Others Upon Request



MODELS OF **EFFICIENCY.**

CENTURY SERIES*

Engineered/
customized heat
exchangers for
process and other
heating/cooling
applications.

BRAZEPAK*

Brazed plate
heat exchanger.

PLATEFLOW*

Gasketed plate
& frame heat
exchanger.

AIREX* AND FANEX*

Air/oil, air/air,
or air/water
heat exchangers.

PRE-ENGINEERED SERIES

BCF*/SSCF*/
SX2000*/B300*
Pre-engineered
shell and tube
heat exchanger.

Standard Xchange
a xylem brand

FOR MORE INFORMATION, PLEASE CONTACT:

Standard Xchange
175 Standard Parkway • Cheektowaga, NY 14227
Tel +1.800.281.4111 • Fax +1.716.897.1777
www.standard-xchange.com

Anexo D
Catálogo de la bomba centrífuga.

BP-CMK

BP3-4-5-CMK-BP6-7-8

2850 1/min

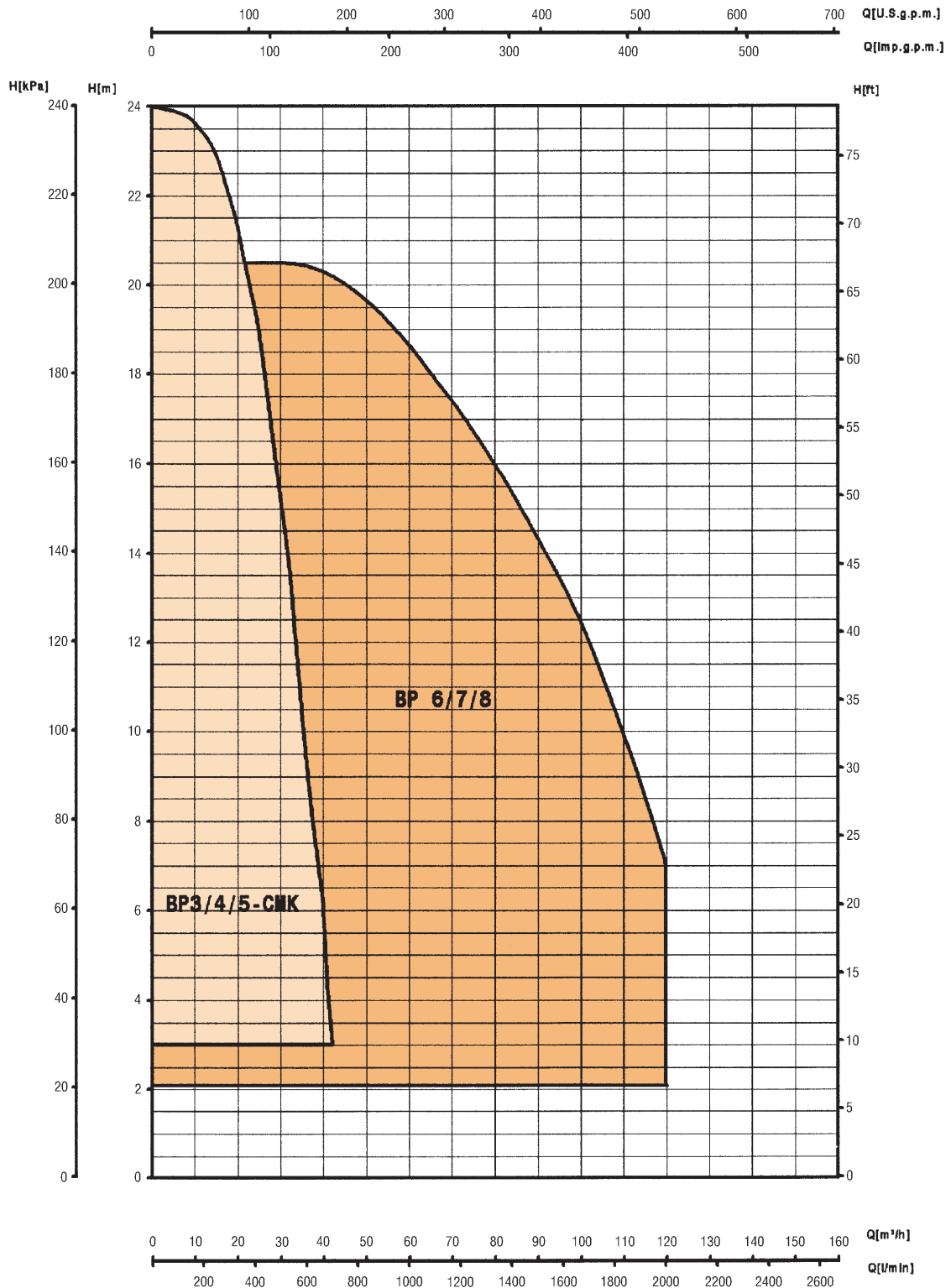
DIAGRAMMA DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

DIAGRAM OF THE HYDRAULIC FEATURES

DIAGRAMA DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

DIAGRAMME DES CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

TABELLE DER HYDRAULISCHEN EIGENSCHAFTEN



BP-CMK

BP3-4-5-CMK-BP6-7-8

ELETTROPOMPE CENTRIFUGHE MONOGIRANTI

*ELECTRIC SINGLE IMPELLER CENTRIFUGAL PUMPS
ELECTROBOMBAS CENTRIFUGAS CON UNA TURBINA
ELECTROPOMPES CENTRIFUGES MONOTURBINES
EINSTUFIGE ELEKTRO-KREISELPUMPEN*



PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Questa serie di elettropompe centrifughe monogiranti è stata studiata per ottenere prevalenze medio basse e portate elevate in rapporto alle prevalenze, hanno la girante calettata direttamente a sbalzo sull'albero motore e la particolare configurazione idrodinamica della girante con perdite idrauliche minime impone al liquido pompato tramite le pale ricavate all'interno del canale girante energia cinetica.

Il liquido pompato all'uscita dalla girante viene convogliato nella voluta a spirale del corpo pompa, il quale provvede a trasformare l'energia cinetica in energia di pressione.

IMPIEGHI

Queste elettropompe trovano impiego negli impianti di irrigazione a scorrimento e a pioggia per prelevare acqua dai laghi, fiumi, vasche e per altri svariati utilizzi industriali dove vi sia la necessità di realizzare portate elevate in rapporto a prevalenze medio basse.

La particolare conformazione idraulica delle volute a spirale e delle giranti caratterizzate da ampi passaggi, rendono queste elettropompe idonee al pompaggio di acque moderatamente cariche di impurità.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Corpo pompa, supporto motore in ghisa. Girante in ghisa (CMK - BP 7-8) in ottone stampato (BP 3 - 4 - 5 - 6).

Tenuta meccanica in grafite/ceramica, motore elettrico del tipo chiuso a ventilazione esterna, rotore montato su cuscinetti a sfere prelubrificati a vita.

A richiesta è possibile fornire l'elettropompa con una protezione termoamperometrica incorporata, mentre il condensatore è permanentemente inserito nella versione monofase. Grado di protezione del motore: IP 44, a richiesta IP 55. Classe di isolamento: F

Tensione di serie: monofase 230V- 50Hz
trifase 230 - 400V- 50Hz

Esecuzioni speciali a richiesta.

DATI CARATTERISTICI

- Portate fino a 120 m³/h
 - Prevalenze fino a 24 m
 - Temperatura liquido pompato da -15° C a +70° C
 - Pressione massima di esercizio: 6 bar
 - Temperatura massima ambiente: 40° C (oltre chiedere verifica).
- Le caratteristiche di funzionamento e di catalogo si intendono per servizio continuo ed acqua pulita (peso specifico - 1000 kg/m³). Aspirazione manometrica fino ad un massimo di 8 m con valvola di fondo, oltre i 5 m si consiglia l'installazione di un tubo aspirante di diametro interno maggiore della bocca di aspirazione. Per le tolleranze delle caratteristiche idrauliche valgono le norme UNI/ISO 2548 - classe C - appendice B, mentre per le caratteristiche elettriche valgono le norme CEI.

INSTALLAZIONE

Le elettropompe serie BP - CMK possono essere installate con l'albero motore sia in posizione orizzontale che verticale. Qualora l'installazione fosse verticale il motore dovrà essere posizionato sempre sopra il corpo pompa.



FUNCTIONING

This series of electric single impeller close coupled centrifugal pumps is fitted with the overhang impeller directly splined / keyway on the motor shaft. The liquid pumped is conveyed into the spiral shaped volute of the pump body, transforming the kinetic energy into dynamic pressure energy. Pressure and flow is achieved with minimum loss by means of the hydrodynamic closed impeller design.

APPLICATIONS

Industrial water supply, pressurized water using pressure vessels (autoclaves), various horticultural and agricultural irrigation applications, civil and domestic water transfer schemes.

The open impeller design allows the pump to handle slightly dirty water.

PUMP CONSTRUCTION

- Pump body and motor support in cast iron
- Impeller pressed brass on BP 3- 4 - 5 - 6
- Impeller cast iron on CMK - BP 7 - 8
- Mechanical seal in graphite/ceramic
- Rotor shaft fitted with seal for life bearings
- Totally enclosed fan cooled motor (TEFC)
- Single phase motors with a built in thermal overload protection on request, the capacitor is permanently in circuit.
- Motor protection to IP44 (available in IP55 upon request)
- Winding Insulation to class F.
- Standard Voltage: 230V-50Hz single phase
230V/400V - 50Hz three phase.

Other voltages and frequencies available upon request.

PUMP PERFORMANCE DATA

- Capacities up to 120 m³/hr
- Heads up to 24 meters
- Liquid quality required clean or slightly dirty water, chemically non aggressive.
- Maximum Temperature of pumped liquid -15° C to +70° C
- Maximum ambient temperature 40° C. For higher temperatures please contact the sales office.

Maximum working pressure 6 bar.

The tolerances of the hydraulic features are according to UNI / ISO 2548-Class C, Appendix B, electric features according to C.E.I.

The working features listed in the catalogue are based on continuous service for clear water with a specific weight of 1000 kg/m³.

Manometric suction lift of 8 meters with a foot valve, for a suction lift of above 5 meters it is advisable to install the suction pipe with an internal diameter larger than the pump inlet.

INSTALLATION

Upon installation always prime the Pump Body before first start up. Pump may be installed with the motor shaft in the horizontal or vertical position.

In the case of the pump being mounted in the vertical position the motor must be positioned above the pump body.





PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Esta serie de electrobombas centrífugas con una turbina se utiliza para obtener pequeñas alturas y altos caudales. Están equipadas con impulsor estriado directamente en voladizo al eje motor y la particular configuración hidrodinámica del impulsor con pérdidas hidráulicas mínimas, envía energía cinética al líquido bombeado a través de los álabes situados en el interior del conducto impulsor. Saliendo del impulsor el líquido bombeado se encana en el espiral del cuerpo bomba, el cual transforma la energía cinética en energía de presión.

APLICACIONES

Estas electrobombas se utilizan en sistemas de riegos de goteo e inundación, para sacar aguas de lagos, ríos, tanques y para otros sistemas industriales donde se necesitan altos caudales y pequeñas alturas. Debido a la particular configuración hidráulica de las espirales y de los impulsores con amplios pasos estas electrobombas son aptas para bombear aguas moderadamente sucias.

CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN

Cuerpo de bomba en fundición gris, soporte motor en fundición gris. Impulsor en fundición gris en los modelos CMK - BP7 - 8 impulsor en latón estampado en los modelos BP3, BP4, BP5 y BP6. Cierre mecánico en grafito/cerámica.

Motor eléctrico de construcción cerrada con ventilación exterior. Rotor montado sobre rodamientos de bolas prelubricados. Bajo demanda se suministra la electrobomba con una protección termoamperimétrica incorporada, mientras el condensador se suministra siempre insertado en la ejecución monofásica.

Protección del motor: IP 44, bajo demanda IP 55

Aislamiento: clase F

Tensión estándar: monofásica 230V - 50 Hz
trifásica 230V/400V - 50 Hz

Bajo demanda se suministran ejecuciones especiales

LIMITES DE EMPLEO

- Caudal hasta 120 m³/h
- Altura hasta 24 m
- Temperatura del líquido bombeado: de -15° C a +70° C
- Presión máxima de funcionamiento: 6 bar
- Temperatura ambiente máxima: +40° C (para valor superior consultar verificación).

Las características de funcionamiento indicadas en catálogo se refieren a un uso continuo y en agua limpia (peso específico = 1000 Kg/m³). Aspiración manométrica hasta máximo 8 m con válvula de pie, para aspiración superior a los 5 m se aconseja la instalación de un tubo de aspiración de diámetro interior mayor de la conexión de aspiración.

Para las tolerancias de las características hidráulicas valen las normas UNI/ISO 2548 - clase C - parrafo B, mientras para las características eléctricas valen las normas CEI.

INSTALACION

Las electrobombas serie BP - CMK pueden montarse con el eje motor en posición horizontal o vertical.

En el caso de instalación en posición vertical, el motor siempre será situado en la parte superior.



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Cette série d'électropompes centrifuges monoturbines a été étudiée pour obtenir des hauteurs moyenne-basses et des débits élevés par rapport aux hauteurs. La turbine est caletée directement à encorbellement sur l'arbre moteur.

La conformation hydrodynamique de la turbine avec pertes hydrauliques minimales impose une énergie cinétique au liquide pompé par les palettes qui se trouvent à l'intérieur du canal de la turbine.

Le liquide pompé à la sortie par la turbine est canalisé dans la volute spiraloïdale du corps de pompe, qui transforme l'énergie cinétique en énergie de pression.

EMPLOI

Ces électropompes sont indiquées pour l'arrosage par écoulement et en pluie, prélèvement d'eau des lacs, fleuves, cuves et tous les usages industriels qui exigent des débits élevés avec des hauteurs moyenne-basses.

Grâce à la conformation hydraulique particulière des volutes spiraloïdales et des turbines, avec larges passages, ces électropompes sont idéales pour le pompage d'eau faiblement chargée d'impuretés.

CARACTERISTIQUES DE CONSTRUCTION

Corps de pompe et support moteur en fonte
Turbine en fonte (CMK, BP7 - 8) en laiton estampé, (BP3 - 4 - 5 - 6)
Garniture mécanique en graphite /ceramique.

Moteur électrique en execution fermée à ventilation extérieure. Rotor monté sur roulements à billes pré-graissés Sur demande, l'électropompe peut être équipée d'une protection thermo-amphérométrique incorporée, tandis que le condensateur est inséré en permanence en version monophasée.

Protection du moteur: IP 44, sur demande IP 55

Classe d'isolation: F

Tension de séries: monophasée 230V - 50Hz
triphasee 230V/400V - 50Hz

Exécutions spéciales sur demande.

PLAGES D'UTILISATION

- Débits jusqu'à 120 m³/h
- Hauteurs jusqu'à 24 m
- Température du liquide pompé: de -15° C à +70° C
- Pressions maximum de service: 6 bars
- Température ambiante maximum: +40° C (pour des températures supérieures demander vérification)

Les caractéristiques de fonctionnement et de catalogue concernent le service continu avec eau claire (poids spécifique = 1000 Kg/m³). Aspiración manométrique jusqu'à 8 m avec un clapet de fond, au-delà de 5 m il est conseillé de monter un tuyau d'aspiration ayant un diamètre supérieur au diamètre de l'orifice d'aspiration.

Pour les tolérances des caractéristiques hydrauliques les normes valables sont: UNI/ISO 2548 - classe C - appendice B; tandis que pour les caractéristiques électriques les normes valables sont: C.E.I.

INSTALLATION

Les électropompes de la série BP - CMK peuvent être installées avec l'arbre moteur soit en position horizontale, soit en position verticale.

Avec l'installation verticale, le moteur doit toujours être placé au-dessus du corps de pompe.



WIRKUNGSWEISE

Die einstufigen Elektro-Kreiselpumpen haben kleine- mittlere Förderhöhen und hohe Förderleistungen.

Bei diesen einstufigen Kreiselpumpen ist das Laufrad direkt auf die Motorwelle aufgeschraubt.

Das Fördermedium wird durch das Einkanalrad direkt zum Druckanschluß der Pumpe gefördert.

Die hydrodynamische Gestaltung des Laufrades hat kleinste hydraulischen Verluste und überträgt die Bewegungsenergie auf das Fördergut durch die inneren Schaufeln des Laufrades.

EINSATZ

Diese Elektropumpen werden für automatische Wasserversorgungsanlagen, für Beregnungs- und Berieselungsanlagen, zur Wasserförderung aus Seen und Zisternen eingesetzt.

Durch die hydrodynamische Gestaltung des Laufrades und des Spiralgehäuses mit großem Durchgang eignen sich diese Pumpen auch zur Förderung von Schmutzwasser.

KONSTRUKTION

Pumpengehäuse und Motorlager aus Grauguß
Laufrad aus Grauguß (CMK, BP7 - 8) Messing (BP3 - 4 - 5 - 6)

Gleitringdichtung aus Graphit/Keramik
Gekapselter Motor mit Eigenlüftung, Rotorlagerung in wartungsfreien Kugellagern

Auf Anfrage Motorwicklung mit thermischem Wicklungsschutz

Wechselstrommotor mit Betriebskondensator Motor-Schutzart: IP 44 auf Anfrage IP 55

Isolationsklasse: F

Nennspannung: Wechselstrom 1x230V-50Hz

Drehstrom 3x230V/400V - 50Hz

Auf Anfrage stehen Sonderausführungen zur Verfügung.

TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN

- max. Förderleistung 120 m³/h
- max. Förderhöhe 24 m
- Temperatur des Fördergutes: von -15° C bis +70° C
- max. Betriebsdruck: 6 bar
- max. Umgebungstemperatur 40° C (bei höherer Temperatur bitten wir um Rückfrage)

Die Betriebseigenschaften gelten für Dauerbetrieb mit reinem Wasser (Dichte: 1000 Kg/m³)

max. Saughöhe 8 m mit einem Bodenventil
Um die max. Saugleistung zu erreichen, ist die Nennweite der Saugleitung größer zu dimensionieren als die Nennweite des Saugstutzens der Pumpe.

Die Toleranzen der hydraulischen Eigenschaften entsprechen den Normen: UNI/ISO 2548, Klasse C, Zusatz B. Die elektrischen Eigenschaften entsprechen den CEI Normen.

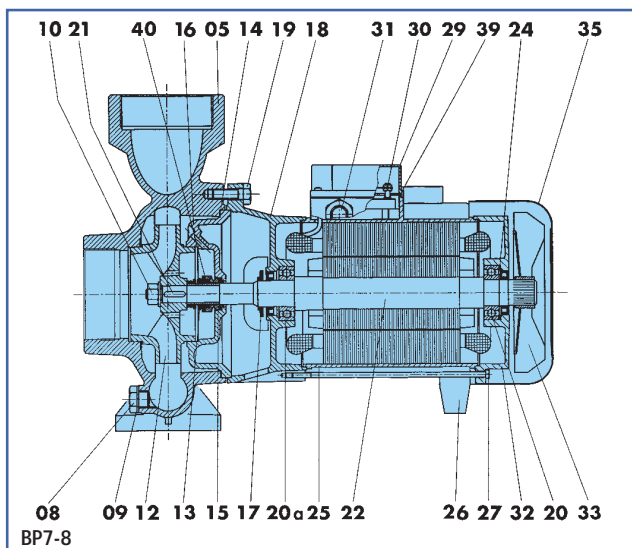
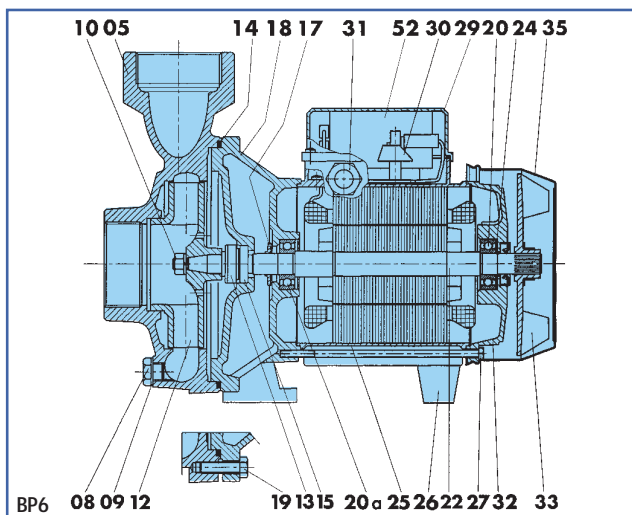
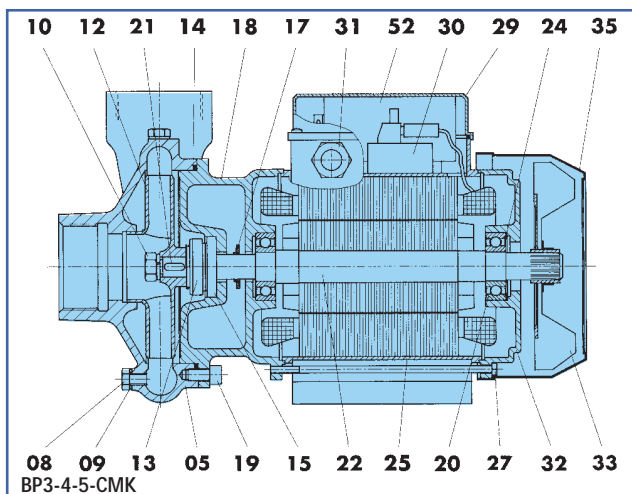
INSTALLATION

Die Aufstellung der Elektropumpen BP-CMK kann in Horizontal- und Vertikallage erfolgen.

Bei Vertikalaufstellung muß der Motor auf der Kreiselpumpe stehen.

BP-CMK

BP3-4-5-CMK-BP6-7-8



COMPONENTE	MATERIALI	
	STANDARD	A RICHIESTA
05 Corpo pompa	Ghisa G20	Ghisa G20 Bronzo G-CuSn10 (per BP7-8)
08 Tappo	Ottone	Ottone
09 Guarnizione	Alluminio	Alluminio
10 Dado	Ottone	Acciaio inox, AISI 304
12 Girante	Ghisa G20	Bronzo G-CuSn10
13 Parte rotante tenuta meccanica	Ottone (per BP3-4-5-6)	Ottone (per BP3-4-5-6)
14 Anello OR	Grafite	Carburo di tungsteno
15 Parte fissa tenuta meccanica	Gomma NBR	Gomma EPDM
16 Disco porta tenuta	Ceramica	Carburo di tungsteno
17 Disco porta tenuta	Ghisa G20	Bronzo G-CuSn10
18 Paragoccia	Gomma	Gomma
19 Supporto	Ghisa G20	Ghisa G20
20 Vite	Acciaio zincato	Acciaio zincato
20a Cuscinetto	Commerciale	Commerciale
21 Cuscinetto	Commerciale	Commerciale
21 Linguetta	Acciaio inox, AISI 304	Acciaio inox, AISI 304
22 Albero rotante	Acciaio inox, AISI 420B (BP3-4-5-CMK) Acciaio inox, AISI 431 (BP6-7-8)	Acciaio inox, AISI 431 Acciaio inox, AISI 420B (BP3-4-5-CMK)
24 Anello elastico	Gomma	Acciaio
25 Carcasa statore avvolto	Acciaio	Acciaio
26 Piede	Alluminio	Alluminio
26 Piede	Resina termoplastica	Resina termoplastica
27 Tirante	Resina termoplastica	Resina termoplastica
29 Coperchio morsettieria	Acciaio zincato	Acciaio zincato
30 Morsettieria	Resina termoplastica	Resina termoplastica
31 Morsettieria	Resina termoplastica	Resina termoplastica
31 Pressacavo	Resina termoplastica	Resina termoplastica
32 Calotta motore	Resina termoplastica	Resina termoplastica
32 Calotta motore	Alluminio	Alluminio
33 Ventola	Resina termoplastica	Resina termoplastica
35 Copriventola	Resina termoplastica	Resina termoplastica
39 Copriventola	Acciaio	Acciaio
39 Guarnizione morsettieria	Acciaio	Acciaio
40 Guarnizione morsettieria	Gomma NBR	Gomma NBR
40 Bussola	Gomma NBR	Gomma NBR
52 Bussola	Acciaio inox, AISI 316	Acciaio inox, AISI 316
52 Condensatore	Commerciale	Commerciale

NOMENCLATURA PARTI DI RICAMBIO

SPARE PARTS LIST

NOMENCLATURA REPUESTOS

NOMENCLATURE PIECES DE RECHANGE

ERSATZTEILLISTE



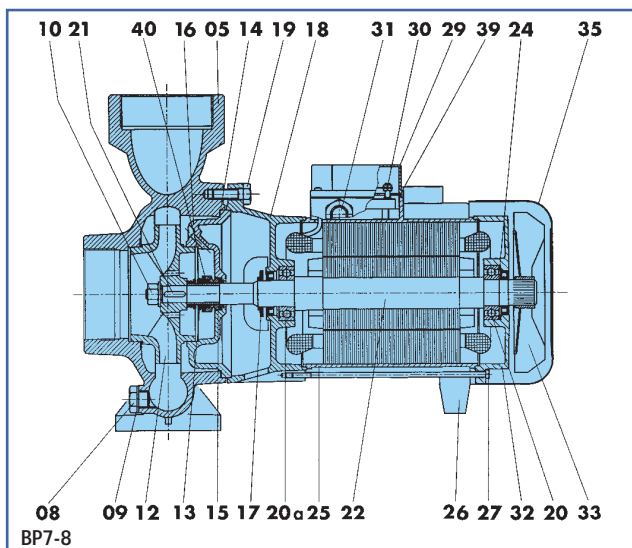
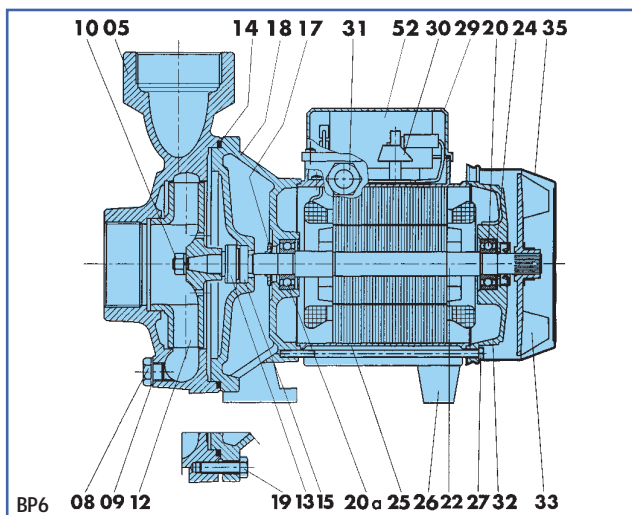
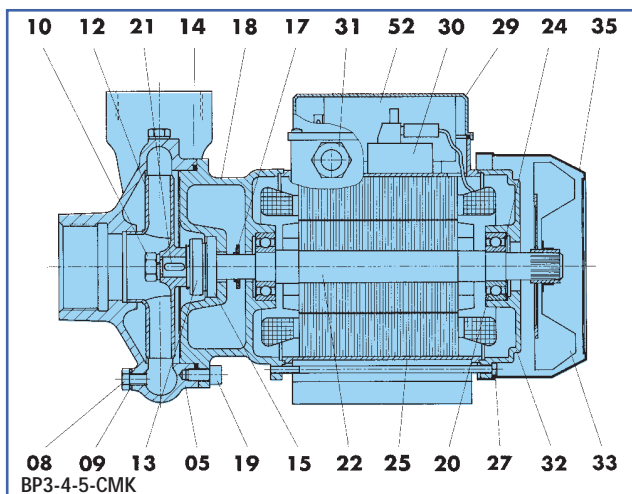
COMPONENT		MATERIAL	
		STANDARD	ON REQUEST
05	Pump body	Cast iron G20	Cast iron G20 Bronze G-CuSn10 (per BP7-8)
08	Plug	Brass	Brass
09	Gasket	Aluminium	Aluminium
10	Nut	Brass	Stainless steel, AISI 304
12	Impeller	Cast iron G20 Brass (for BP3-4-5-6)	Bronze G-CuSn10 Brass (for BP3-4-5-6)
13	Rotating mechanical seal	Graphite	Tungsten carbide
14	O-Ring	Rubber NBR	Rubber EPDM
15	Fixed mechanical seal	Ceramic	Tungsten carbide
16	Seal holding disc	Cast iron G20	Bronze G-CuSn10
17	Drop guard	Rubber	Rubber
18	Support	Cast iron G20	Cast iron G20
19	Screw	Galvanized steel	Galvanized steel
20	Bearing	Commercial	Commercial
20a	Bearing	Commercial	Commercial
21	Key	Stainless steel, AISI 304	Stainless steel, AISI 304
22	Rotating shaft	Stainless steel, AISI 420B (BP3-4-5-CMK) Stainless steel, AISI 431 (BP6-7-8)	Stainless steel, AISI 431 Stainless steel, AISI 420B (BP3-4-5-CMK)
24	Circlip	Steel	Steel
25	Casing with wound stator	Aluminium	Aluminium
26	Foot	Thermoplastic resin	Thermoplastic resin
27	Tie-rod	Galvanized steel	Galvanized steel
29	Terminal board cover	Thermoplastic resin	Thermoplastic resin
30	Terminal board	Thermosetting resin	Thermosetting resin
31	Fairlead	Thermoplastic resin	Thermoplastic resin
32	Driving cap	Aluminium	Aluminium
33	Fan	Thermoplastic resin	Thermoplastic resin
35	Fan cover	Steel	Steel
39	Terminal board gasket	Rubber NBR	Rubber NBR
40	Bushing	Stainless steel, AISI 316	Stainless steel, AISI 316
52	Capacitor	Commercial	Commercial



COMPONENTE		MATERIAL	
		ESTÁNDAR	PETICIÓN
05	Cuerpo de bomba	Fundición gris G20	Fundición gris G20 Bronze G-CuSn10 (para BP7-8)
08	Tapon	Latón	Latón
09	Empaquetadura	Aluminio	Aluminio
10	Tuerca	Latón	Acero inox, AISI 304
12	Impulsor	Fundición gris G20 Latón (para BP3-4-5-6)	Bronze G-CuSn10 Latón (para BP3-4-5-6)
13	Cierre mecanico parte girante	Grafito	Carburo de tungsteno
14	Anillo OR	Goma NBR	Goma EPDM
15	Cierre mecanico parte fija	Ceramica	Carburo de tungsteno
16	Anillo intermedio	Fundición gris G20	Bronze G-CuSn10
17	Paragotas	Goma	Goma
18	Soporte	Fundición gris G20	Fundición gris G20
19	Tornillo	Acero cincado	Acero cincado
20	Cojinete	Comercial	Comercial
20a	Cojinete	Comercial	Comercial
21	Chaveta	Acero inox, AISI 304	Acero inox, AISI 304
22	Eje rotatorio	Acero inox, AISI 420B (BP3-4-5-CMK) Acero inox, AISI 431 (BP6-7-8)	Acero inox, AISI 431 Acero inox, AISI 420B (BP3-4-5-CMK)
24	Anillo elastico	Acero	Acero
25	Carcasa estator envuelto	Aluminio	Aluminio
26	Pie	Resina termoplastica	Resina termoplastica
27	Tirante	Acero cincado	Acero cincado
29	Tapa de bornes	Resina termoplastica	Resina termoplastica
30	Bornes	Resina de endurecimiento termico	Resina de endurecimiento termico
31	Guia	Resina termoplastica	Resina termoplastica
32	Tapa motor	Aluminio	Aluminio
33	Ventilador	Resina termoplastica	Resina termoplastica
35	Tapa ventilador	Acero	Acero
39	Empaquetadura bornes	Goma NBR	Goma NBR
40	Casquillo	Acero inox, AISI 316	Acero inox, AISI 316
52	Condensador	Comercial	Comercial

BP-CMK

BP3-4-5-CMK-BP6-7-8



COMPOSANT	MATÉRIAUX	
	STANDARD	SUR DEMANDE
05 Corps de pompe	Fonte G20	Fonte G20 Bronze G-CuSn10 (pour BP7-8)
08 Bouchon	Laiton	Laiton
09 Joint	Aluminium	Aluminium
10 Ecrou	Laiton	Acier inox, AISI 304
12 Turbine	Fonte G20	Bronze G-CuSn10 Laiton (pour BP3-4-5-6)
13 Garniture mécanique roulante	Graphite	Carbure de tungstène
14 Bague OR	Caoutchouc NBR	Caoutchouc EPDM
15 Garniture mécanique fixe	Céramique	Carbure de tungstène
16 Disque porte-garniture	Fonte G20	Bronze G-CuSn10
17 Pare-goutte	Caoutchouc	Caoutchouc
18 Support	Fonte G20	Fonte G20
19 Vis	Acier zingué	Acier zingué
20 Roulement	Commerciale	Commerciale
20a Roulement	Commerciale	Commerciale
21 Clavette	Acier inox, AISI 304	Acier inox, AISI 304
22 Arbre roulant	Acier inox, AISI 420B (BP3-4-5-CMK) Acier inox, AISI 431 (BP6-7-8)	Acier inox, AISI 431 Acier inox, AISI 420B (BP3-4-5-CMK)
24 Bague elastique	Acier	Acier
25 Carcasse stator enroulé	Aluminium	Aluminium
26 Pied	Résine thermoplastique	Résine thermoplastique
27 Tirant	Acier zingué	Acier zingué
29 Couvercle plaque à borne	Résine thermoplastique	Résine thermoplastique
30 Plaque à borne	Résine thermo-endurci	Résine thermo-endurci
31 Presse-câble	Résine thermoplastique	Résine thermoplastique
32 Calotte moteur	Aluminium	Aluminium
33 Ventilateur	Résine thermoplastique	Résine thermoplastique
35 Couvercle ventilateur	Acier	Acier
39 Joint plaque à borne	Caoutchouc NBR	Caoutchouc NBR
40 Douille	Acier inox, AISI 316	Acier inox, AISI 316
52 Condensateur	Commerciale	Commerciale

NOMENCLATURA PARTI DI RICAMBIO

SPARE PARTS LIST

NOMENCLATURA REPUESTOS

NOMENCLATURE PIECES DE RECHANGE

ERSATZTEILLISTE



BAUTEIL		WERKSTOFFE	
		STANDARD	AUF ANFRAGE
05	Pumpengehäuse	Gusseisen G20	Gusseisen G20 Bronze G-CuSn10 für BP7-8)
08	Stopfen	Messing	Messing
09	Dichtung	Aluminium	Aluminium
10	Mutter	Messing	Rostfreier Stahl, AISI 304
12	Laufrad	Gusseisen G20 Messing (für BP3-4-5-6)	Bronze G-CuSn10 Messing (für BP3-4-5-6)
13	Gleitringdichtung-Rotierendes element	Graphit	Wolframkarbid
14	O-Ring	Gummi NBR	Gummi EPDM
15	Gleitringdichtung-Festes element	Keramik	Wolframkarbid
16	Dichtungshalteplatte	Gusseisen G20	Bronze G-CuSn10
17	Tropfenabdichtung	Gummi	Gummi
18	Lager	Gusseisen G20	Gusseisen G20
19	Schraube	Verzinkter Stahl	Verzinkter Stahl
20	Lagerbuchse	Handelsüblich	Handelsüblich
20a	Lagerbuchse	Handelsüblich	Handelsüblich
21	Passfeder	Rostfreier Stahl, AISI 304	Rostfreier Stahl, AISI 304
22	Rotierende Welle	Rostfreier Stahl, AISI 431 (BP6-7-8) Rostfreier Stahl, AISI 420B (BP3-4-5-CMK)	Rostfreier Stahl, AISI 431
24	Spanning	Stahl	Stahl
25	Motorgehäuse mit Wickelstator	Aluminium	Aluminium
26	Fuss	Thermoplastic resin	Thermoplast
27	Verbindungsschraube	Verzinkter Stahl	Verzinkter Stahl
29	Klemmenplattendeckel	Thermoplast	Thermoplast
30	Klemmenplatte	Härtbares Kunstharz	Härtbares Kunstharz
31	Kabeldruck	Thermoplast	Thermoplast
32	Motorkappe	Aluminium	Aluminium
33	Lüfterrad	Thermoplast	Thermoplast
35	Lüfterradabdeckung	Stahl	Stahl
39	Klemmenplattensdichtung	Gummi NBR	Gummi NBR
40	Buchse	Rostfreier Stahl, AISI 316	Rostfreier Stahl, AISI 316
52	Kondensator	Handelsüblich	Handelsüblich

BP-CMK

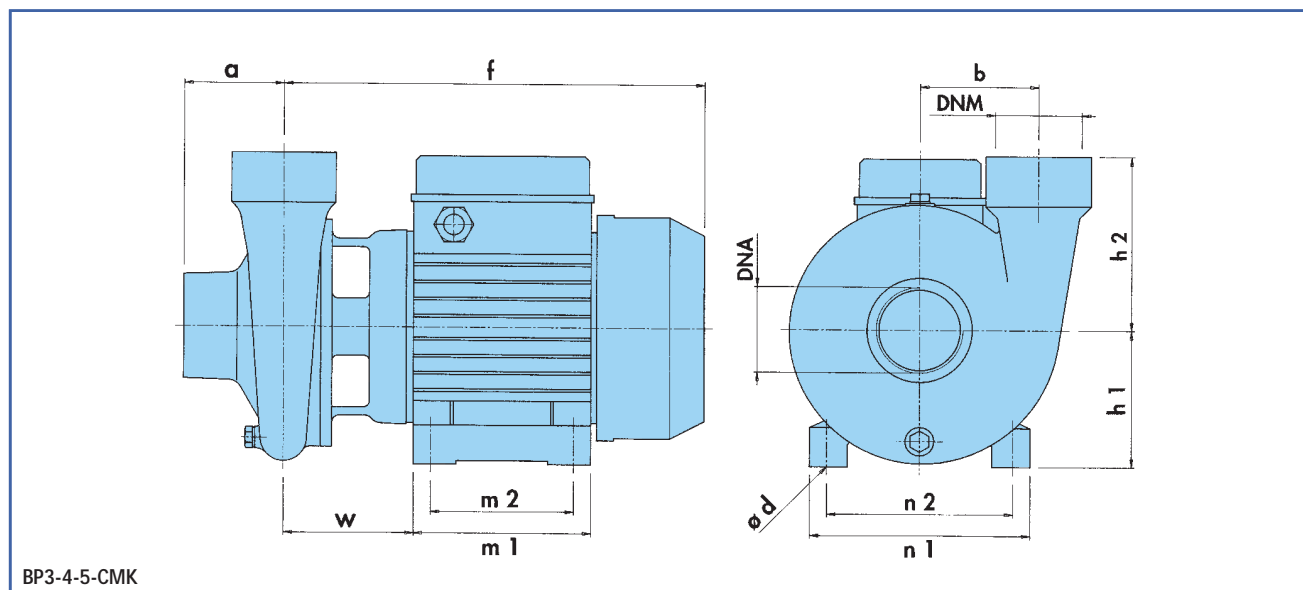
BP3-4-5-CMK

≈ 2850 1/min

CARATTERISTICHE IDRAULICHE

HYDRAULIC FEATURES / CARACTERISTICAS HIDRAULICAS / CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES / HYDRAULISCHE EINGESCHAFTEN

Tipo Type Typ	Alimentazione Feeding - Alimentacion Alimentation - Speisung 50 Hz	P1 Max kW	P2 Nominale P2 Nominal		Corrente assorbita - A Absorbed current - A Corriente absorbida - A Courant absorbe - A Abgenommener Strom - A	— —		U.S. g.p.m.																				
			kW	HP		μF	V		m³/h	0	13	22	26	31	40	44	53	66	79	88	110	132	141	158	176	198		
								l/min	0	50	83	100	117	150	167	200	250	300	333	417	500	533	600	667	750			
BP 3	1 x 230 V	1,4	0,75	1	6,6	25	450	H (m)	21,5	20,6	20	19,5	19,3	18,5	18	17,3	16	14	12	8								
BP 3	3 x 230-400 V	1,06	0,75	1	4,8/2,8				21,5	20,6	20	19,5	19,3	18,5	18	17,3	16	14	12	8								
BP 4	1 x 230 V	2	1,1	1,5	8,8	31,5	450		22					21,4	21	20,6	20	19	18,2	15	11,5	10						
BP 4	3 x 230-400 V	1,45	1,1	1,5	6/3,5				22					21,4	21	20,6	20	19	18,2	15	11,5	10						
BP 5	1 x 230 V	2,6	1,5	2	12,6	40	450		24							23,5	23	22	21,5	19	15	14	9	6				
BP 5	3 x 230-400 V	2,1	1,5	2	8,5/4,9				24							23,5	23	22	21,5	19	15	14	9	6				
CMK	1 x 230 V	1,9	1,5	2	9,5	40	450		13										12	11	10	9	8	7	5,5	3		
CMK	3 x 230-400 V	1,7	1,5	2	6/3,5				13										12	11	10	9	8	7	5,5	3		



DIMENSIONI E PESI

DIMENSIONS AND WEIGHTS / DIMENSIONES Y PESOS / DIMENSIONS ET POIDS / ABMESSUNGEN UND GEWICHTE

TIPO TYPE TYP	DNA	DNM	f	a	m1	m2	n1	n2	h1	h2	w	Ø d	Kg
BP 3	G 2"	G 2"	294	70	124	100	152	125	96	122	88	9	16
BP 4	G 2"	G 2"	294	70	124	100	152	125	96	122	88	9	19,2
BP 5	G 2"	G 2"	294	70	124	100	152	125	96	122	88	9	22
CMK	*	*	303	69	124	100	152	125	96	129	97	9	21,2

* G2" 1/2 standard G3" a richiesta * G2" 1/2 standard G3" on request * G2" 1/2 estandar G3" bajo demanda * G2" 1/2 standard G3" sur demande * G2" 1/2 Standard G3" Auf Anfrage

Anexo E
Tarifa gas natural.

ANEXO 1
TARIFADO INDUSTRIAL
PRECIOS DE VENTA DEL GAS NATURAL A INDUSTRIAS
 BASE PODER CALORÍFICO SUPERIOR

FACTURACIÓN NETA MENSUAL = CARGO VARIABLE + ARRIENDO MEDIDOR

1.- CARGO VARIABLE

CARGO VARIABLE= CONSUMO MENSUAL x PRECIO MEDIO

Consumo Q (m3 equiv / (mes)) (1) (2)	PRECIO MEDIO (SIN IVA) PM (US \$ / 10 ⁶ BTU)
0	14,05648
1.500	13,27556
120.000	12,88511
200.000	12,88511
450.000	12,36501
500.000	12,36501
750.000	12,36501
800.000	11,94957
1.000.000	11,71062
1.800.000	11,47168
3.000.000	11,47168
3.500.000	11,47168
9.999.999	11,47168

Nota (1): Un m3 equivalente corresponde a 9.300 kcal ó 36.880 Btu.

Nota (2): Los consumos están definidos para periodos de facturación de 30 días. En caso que estos periodos de facturación resulten distintos a 30 días, el tarifado se aplicará en forma proporcional a los días facturados.

2.- ARRIENDO DE MEDIDOR

CAPACIDAD MÁXIMA EMPALME (Mcal/h)		ARRIENDO MEDIDOR (SIN IVA) (US \$ / MES)
> que	<= que	
0	300	60
300	1.000	60
1.000	2.600	150
2.600	6.500	250
6.500	14.000	350
14.000	15.200	450
15.200	50.000	500
50.000	100.000	600
100.000	200.000	700

3.- MODIFICACIÓN DE TARIFA

Los valores y grupos de consumo de la presente tarifa se podrán ajustar conforme al contrato de abastecimiento de GN.

El Cliente está en conocimiento y consciente en que la tarifa de Gas Natural establecida en el presente contrato podrá ser modificada por Metrogas de acuerdo a lo determinado en el contrato considerando el precio del Gas Natural Licuado que se le suministre GNL Chile S.A. el cual es esencialmente variable en el tiempo. Metrogas S.A. deberá utilizar para la fijación de los precios, en cada oportunidad, los principios de equidad y prudencia.

* Los valores indicados son válidos desde:

Viernes 28 de Noviembre de 2014 a las 08:00 am.

4.- CONDICIONES VARIAS

- 1.- Los pagos se efectuarán de acuerdo a los metros cúbicos estándar recibidos convertidos en metros cúbicos equivalentes de 9.300 kcal/m3 de acuerdo al poder calorífico efectivo del gas recibido durante el período correspondiente.
(Un metro cúbico estándar tiene un poder calorífico superior nominal de 9.300 kcal o 36.880 Btu. La condición estándar es a 15°C y a 1 atmósfera de presión.)
- 2.- Los clientes deberán mantener vigente un contrato de suministro estándar.
- 3.- La facturación se realizará en pesos convirtiendo los dólares de acuerdo al valor promedio del dólar observado en los cinco días anteriores a la fecha de facturación.

ANEXO 1 (continuación)
TARIFADO INDUSTRIAL
PRECIOS DE VENTA DEL GAS NATURAL A INDUSTRIAS

5.- CÁLCULO PRECIO MEDIO

Para obtener el precio medio que se aplicará al consumo mensual equivalente, se utilizará el siguiente mecanismo de cálculo:

$$\text{Precio Medio} = PM_{inf} + [(PM_{sup} - PM_{inf}) \times \frac{ (Q_m - Q_{inf}) }{ (Q_{sup} - Q_{inf}) }]$$

Donde:

- Q_m** : Consumo mensual industria a facturar en m³ equivalentes.
- Q_{inf}** : Nivel de consumo inmediatamente inferior al consumo mensual industria Q_m.
- Q_{sup}** : Nivel de consumo inmediatamente superior al consumo mensual industria Q_m.
- PM_{inf}** : Es el precio medio indicado en la tabla Anexo 1, que corresponde al nivel de consumo Q_{inf}.
- PM_{sup}** : Es el precio medio indicado en la tabla Anexo 1, que corresponde al nivel de consumo Q_{sup}.

Ejemplo:

Considerando un consumo mensual de:

- Q_m** = 50.000 m3 equivalentes
- De tabla Anexo 1 se obtiene:
- Q_{inf}** = 1.500 m3
- Q_{sup}** = 120.000 m3
- PM_{inf}** = 13,2756 US \$ / 10⁶ BTU
- PM_{sup}** = 12,8851 US \$ / 10⁶ BTU

Reemplazando valores en fórmula se tiene

$$\text{Precio Medio} = 13,2756 + (12,8851 - 13,2756) \times \frac{(50000 - 1500)}{(120000 - 1500)}$$

$$\text{Precio Medio} = 13,2756 + [(-0,3905) \times \frac{(48500)}{(118500)}]$$

$$\text{Precio Medio} = 13,2756 - 0,1598$$

Precio Medio = 13,1158 US \$ / 10⁶ BTU a aplicar al consumo mensual Q_m de 50.000 m3 equivalentes