

**TÍTULO:** “Desescarche por gas caliente ”

**AUTOR/ES:** Félix Sanz del Castillo

**EMPRESA/ORGANISMO:** Danfoss S.A.

## **Resumen.**

La ponencia sobre el desescarche por gas caliente pretende realizar una descripción de las ventajas asociadas a dicho sistema de desescarche, así como de las distintas topologías utilizadas y la forma de evitar los problemas más comunes asociados a este tipo de sistemas.

Se analizan los desescarches por inversión de ciclo, los sistemas de recirculación directa de gas, los desescarches calientes en sistemas centralizados tanto sistemas de expansión directa como en sistemas inundados.

Se realiza un análisis particularizado de los componentes a incorporar en las distintas líneas de circulación de fluidos involucradas en este tipo de soluciones como son las líneas de entrada de líquido al evaporador, de entrada de gas caliente al evaporador y las líneas de salida del evaporador hacia la aspiración tanto con vapor como con una mezcla de vapor y líquido.

### **Conclusión.**

Los sistemas de desescarche por gas caliente han alcanzado un gran nivel de participación en las instalaciones de refrigeración como consecuencia del ahorro energético, y deben ser conocidas por todos los técnicos de refrigeración para un correcto diseño y utilización de las mismas.

## “Desescarche por gas caliente”

### Introducción

Para hablar de los desescarche, se debe tener en cuenta que ocurre en el interior y en el exterior de un evaporador de aire.

En un evaporador de aire de tiro natural o forzado se tienen dos fluidos. En el interior del evaporador se encuentra el fluido frigénico, y en el exterior pasando a través de los tubos y aletas se encuentra el aire con su correspondiente contenido de humedad.

En el interior del evaporador la temperatura suele ser menor a la de rocío del agua (punto en el cual el agua comienza a condensar), el agua condensa en el exterior del evaporador y cuando además la temperatura en el interior es inferior a cero grados, lo cual es muy normal, el agua condensada se congela formando escarcha, nieve o hielo.

La formación de escarcha, nieve o hielo dependerá de las condiciones internas y externas del evaporador.

Cuando comienza el proceso de formación de hielo, lo primero que se produce es escarcha en la superficie de los tubos y aletas. La escarcha está formada por una multitud de cristales que incrementan de forma sustancial la superficie de intercambio de calor, y en un principio mejoran la transmisión de calor.

Posteriormente, según aumenta el volumen de escarcha acumulado, disminuye drásticamente la velocidad del aire a través de las aletas perdiéndose potencia frigorífica. Cuando esto sucede, esta escarcha o nieve se debe fundir con el aire de circulación parando la inyección, y cuando ya está fundida,



Fig.1 Bloque de hielo en evaporador

volver a inyectar para congelar rápidamente el agua líquida remanente formando un hielo denso y buen transmisor del calor.

El proceso de formación de hielo es acumulativo, lo cual hace que si no se evita, con el tiempo el evaporador se bloquee de hielo. En consecuencia la eliminación del hielo del evaporador de forma periódica es necesaria. Si el hielo no se elimina, el producto termina estropeándose.

El proceso de eliminación de hielo de un evaporador es lo que en términos frigoríficos se conoce como desescarche.

## Tipos de desescarches

Para eliminar el hielo que se forma en los evaporadores, hay que realizar un aporte de calor que permita la fusión del hielo. Dicho aporte de calor puede darse tanto desde dentro del evaporador como desde fuera de él.

El calor se puede aportar de cualquier foco con temperatura positiva, puede ser aire, agua, resistencias eléctricas energizadas a tal fin, gas caliente procedente de la descarga del compresor o del recipiente de líquido y también con líquido caliente procedente del recipiente de líquido. En el caso del gas caliente, el calor aportado procede del calor latente del vapor y una pequeña porción aportada por el calor sensible del vapor.

La tipología de la instalación es un factor importante a la hora de realizar el desescarche, ya que hace que diferenciamos entre desescarche independiente y desescarche en centrales.

En los desescarches de centrales, con mucha frecuencia hay que realizar dicha función de forma simultánea en distintos evaporadores, sincronizando sus inicios y condicionando sus finales. El objetivo de la sincronización es agrupar los evaporadores para reducir la potencia frigorífica en el valor de un compresor evitando introducir inestabilidades en la central de compresores, y el objetivo del condicionamiento final es evitar que un evaporador comience a producir frío mientras otro todavía esta realizando el desescarche, lo cual también introduciría inestabilidades en la central hablándose de desescarche sincronizado.

## Proceso de desescarche

A diferencia de los desescarches eléctricos o por aire o agua, el desescarche por gas caliente tiene dos consideraciones importantes:

- Debe considerar que las mezclas de vapores y líquidos calientes y fríos pueden generar colapsos de vapor que generan ondas de choque, por lo que se intentara que estas situaciones no generen problemas.
- A la vez, la apertura de tuberías con mezclas de líquido y vapor sometidas a una gran diferencia de presión pueden generar golpes de líquido y de presión capaces de dañar a las mismas válvulas o a las tuberías del aparato.

El proceso de desescarche comienza cuando se da la orden de cortar la producción de frío en el evaporador cerrando el suministro de líquido al evaporador.

Se espera un tiempo con los ventiladores en marcha para evaporar el líquido contenido en el evaporador y para evitar la mezcla de líquido frío con vapor caliente.

Se introduce gas caliente en el evaporador (aporte de calor). El evaporador y el hielo

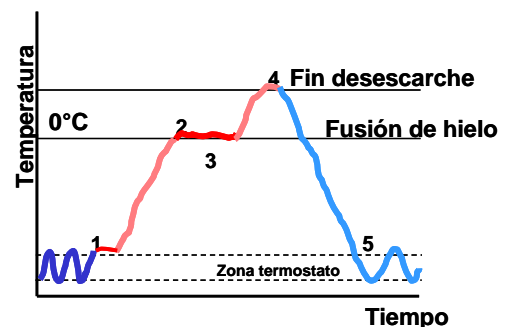


Fig. 2 Temperatura durante el desescarche

se calientan y el hielo funde mientras el gas caliente condensa. En el evaporador se acumula líquido aumentando la presión y la temperatura en su interior. Cuando la presión-temperatura alcanza el valor de unos 4-6°C se considera que todo el hielo ha desaparecido. En este momento debe cortarse el suministro de calor.

Antes de proceder a la introducción de líquido al evaporador, debe realizarse la comunicación del evaporador con la aspiración de forma que no se produzcan golpes de líquido por arrastre del mismo desde el evaporador como consecuencia de las diferencias de presión existentes, evitándose con aperturas en dos tiempos.

Después de terminado el proceso anterior, se vuelve a dar frío.

Es importante tomar ciertas precauciones como evitar los retornos de líquido al compresor, evitar mezclas de gases o líquidos caliente con líquido frío reduciendo los fenómenos de implosión y colapso de vapor, en las líneas de vapor abrir las válvulas de solenoide grandes en dos tiempos cuando están sometidas a una gran diferencia de presión, etc. Si esto se realiza correctamente, se consiguen desescarches cortos, eficaces y seguros. También se recordará tomar las precauciones que eviten los colapsos de aire en cámaras de congelados y túneles de congelación, retardando los ventiladores hasta que el evaporador este lo suficientemente frío.

### **Ahorro de energía**

Aunque el sistema de desescarche por gas caliente es el más complejo, energéticamente es el método más interesante. Esta propiedad le ha hecho siempre muy atractivo, y en la actualidad dadas las necesidades de ahorro energético, este sistema está aumentando su participación en las instalaciones.

El aporte de energía para la fusión del hielo durante el proceso de desescarche, se estima entre un 5 -10% del consumo total de energía de la instalación frigorífica. Esto indica que el ahorro de energía al realizar el desescarche por gas caliente será precisamente entre un 5 y un 10%.

De forma general se puede decir que al no utilizar una fuente de calor externa, no es necesario gastar dinero para realizar el desescarche excepto el de la inversión inicial.

### **Campos de aplicación**

El desescarche por gas caliente se puede aplicar a todos los sistemas de refrigeración, pero los sistemas utilizados serán distintos según se trate de sistemas individuales, sistemas con centrales de compresores en instalaciones comerciales-industriales, y sistemas inundados en refrigeración industrial.

En cualquier caso, muchos de los principios utilizados en un sistema pueden ser utilizados en otro.

Para realizar el desescarche por gas caliente, es necesario algún compresor esté en funcionamiento para poder producir el gas caliente, lo cual obliga a tener ciertos servicios también en funcionamiento. En muchos casos es necesario forzar la producción frigorífica en ciertos servicios para asegurar el funcionamiento mínimo de capacidad en los compresores y producir el gas caliente necesario para el desescarche. Debido a esta causa, sólo se puede realizar el desescarche en un número de servicios de forma que como máximo solo se debe desescarchar entre un 20% -30% del total de la instalación.

### Desescarche por gas caliente en sistemas individuales

El desescarche más simple es el denominado como “desescarche mareando el gas”, el cual como puede verse en la figura, emplea solamente el calor producido en el compresor como efecto de la compresión con un reducido ahorro de energía.

La instalación es muy sencilla y consta de dos solenoides, una en la línea de líquido y otra en la de gas caliente. La entrada de gas caliente suele ser por la

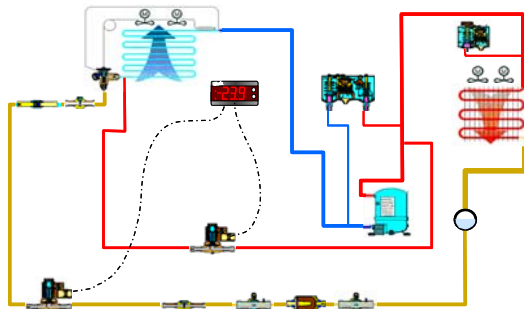


Fig.3 Gas caliente mareando el gas

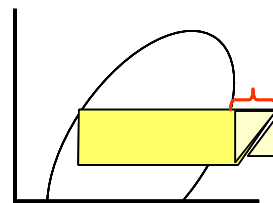


Fig. 4 Calor utilizado

entrada al evaporador después del sistema de expansión. El termostato y programador de desescarche es el encargado de controlar las correspondientes válvulas de solenoide así como el compresor y ventiladores.

El gas caliente se estrangula a la entrada del evaporador para controlar el paso de gas reduciendo la presión con una válvula manual. Dicho gas no debe condensar en el evaporador, ya que si lo hiciese retornaría líquido al compresor. Un complemento para este sistema, sería estrangular el paso de gas con una válvula limitadora de la presión de aspiración.

Para evitar una pérdida de carga constante durante el funcionamiento normal se pueden montar en paralelo una válvula de solenoide con baja pérdida de carga colocada en aspiración y que se cerraría cuando se produce el desescarche

Los retornos de líquido al compresor al principio del desescarche son peligrosos, siendo normal la instalación de un separador de aspiración.

Este sistema confunde a los usuarios pensando que están ahorrando energía eléctrica, cuando el ahorro es mínimo.

Una variante de este método es el desescarche por gas caliente con reguladoras de presión de aspiración. Consta de un bypass de gas caliente de la tubería de descarga a la entrada del evaporador con una válvula reguladora de la presión de aspiración, de forma que asegura la entrada de gas caliente mientras que la presión de aspiración sea inferior al valor ajustado equivalente a 5-8°C. Esta válvula genera la caída de presión, y la válvula de solenoide permite el paso de gas caliente siguiendo las instrucciones del programador de desescarche (combistato).

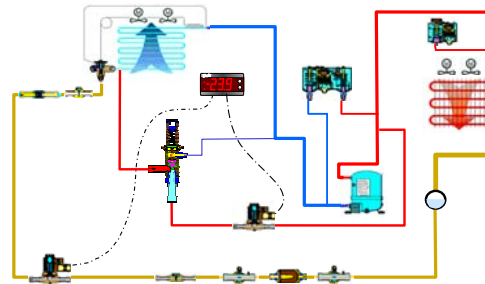


Fig.5 Variante con CPCE

Un sistema más adecuado que sí utiliza el calor latente de condensación en instalaciones 1:1, con un evaporador, un compresor y un condensador, es el desescarche por gas caliente por inversión del ciclo. El esquema frigorífico es el mismo que en las bombas de calor reversibles. En estos circuitos el calor necesario para fundir el hielo, procede del calor robado en un intercambiador de calor al ambiente más el producido en el compresor.

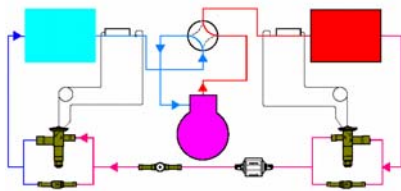


Fig.6 Desescarche por inversión de ciclo

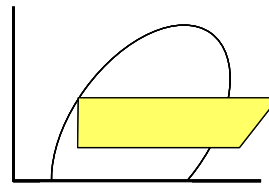


Fig.7 Calor utilizado

Cuando se produce el desescarche por gas caliente, el ventilador de la cámara se para y la válvula de 4 vías cambia el sentido de circulación del gas de forma que la descarga se dirige a lo que antes era evaporador y en el cual, está acumulado el hielo. En este lugar el gas caliente transmite su calor al hielo. El hielo funde y el gas condensa. El gas, condensado, sale de la batería por la válvula de retención NRV conectada en paralelo a la válvula termostática.

Se recomienda instalar el equilibrio externo de las válvulas de expansión con un capilar con su correspondiente rabo de cerdo, o bien con un amortiguador de pulsaciones de 0,3 mm. de diámetro en la conexión del equilibrio externo o bien ubicarlo en la zona de aspiración común, próxima al compresor.

### **Desescarche por gas caliente en sistemas de expansión directa con centrales de compresores**

En estas instalaciones, debido a sus características se puede sacar el rendimiento máximo a este tipo de desescarche. En ellas se utiliza el calor del gas de descarga (latente y/o sensible) o el calor sensible del líquido para fundir el hielo de la instalación.

El principio básico del funcionamiento de estos sistemas es la desviación de parte del refrigerante a alta temperatura del gas de descarga, del gas caliente del recipiente o del líquido del recipiente a los evaporadores en los cuales se quiere realizar el desescarche. El gas o líquido entran en el evaporador, se enfrían, condensan y/o sub-enfrían, y a través de una válvula de retención, salen de nuevo a la línea de líquido, al recipiente, o a la entrada del condensador.

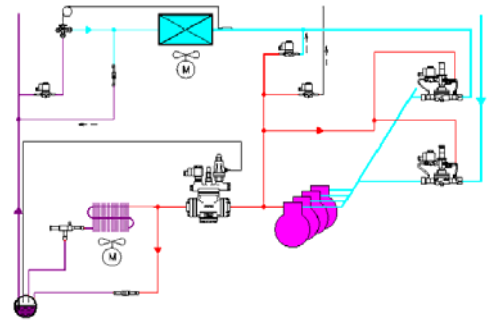


Fig.8 Circuito típico

Para que el fluido pueda circular por el evaporador y volver a la línea de líquido es necesario crear una diferencia de presión durante el desescarche en la línea principal (vapor o líquido). Esta diferencia de presión  $\Delta P$  se sitúa entre 1 y 2 bar, siendo uno de los puntos más críticos en el desescarche por gas caliente.

Conviene recordar que la válvula generadora de la diferencia de presión (ICS) entre 1 y 2 bar, esta en una línea de vapor o líquido por la cual pasa fluido,

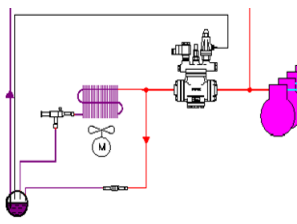


Fig.9 Solucion 1

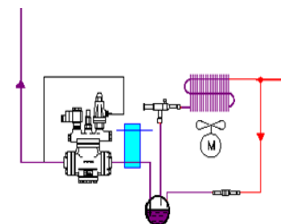


Fig.10 Solucion 2

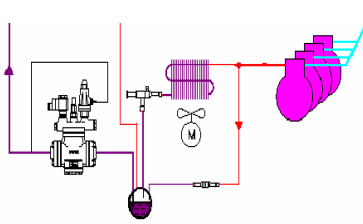


Fig.11 ICS en líquido (flash-gas)

durante el funcionamiento normal y durante el desescarche. Esto nos indica que la válvula en el proceso normal generará una pérdida de presión superior a 0,2 bar, y durante el desescarche una pérdida de presión entorno a 1,5 bar. Esto significa que si la válvula generadora de esta diferencia de presión (ICS) está ubicada en la línea de líquido, nos puede aparecer vapor (flash gas) durante el desescarche y quizás también durante el funcionamiento normal.

Para evitar la formación de flash gas se recomienda colocar dicha válvula en la línea de vapor antes del condensador (fig. 9) o colocar un sub-enfriador de líquido antes de la válvula (fig. 10). La utilización del circuito de la figura 11, con toma de vapor o de líquido del calderín, esta condicionada por la utilización de evaporadores con bajos espesores de tuberías y aletas que apenas pueden soportar la dilatación provocada por la temperatura del gas de descarga ni los golpes de líquido provocados por la condensación de liquido en la línea de gas caliente o por el colapso de vapor.

Es muy normal que el desescarche por gas caliente se realice simultáneamente en varios evaporadores. Sin embargo los recorridos hidráulicos del refrigerante por los distintos circuitos no son equivalentes, lo cual indica que si no se equilibran los circuitos, el caudal de gas caliente será distinto en cada evaporador. Es muy importante en este tipo de sistemas que los evaporadores



terminen el desescarche de forma simultánea, por lo que el ajuste del caudal del fluido que circula por cada evaporador puede ser crítico. El caudal ha de ser tal que aporte suficiente calor para la fusión del hielo en el tiempo determinado, tenga tiempo de condensar en el evaporador y no salga como vapor a la tubería de líquido, ya que de salir vapor, este iría a otros servicios con los conocidos problemas del flash gas. Para ello tal y como se ve en la siguiente figura, se necesita colocar y ajustar una válvula de asiento de cierre manual en la tubería de drenaje del líquido condensado del evaporador antes de la válvula de retención que conduce el condensado a la línea de líquido.

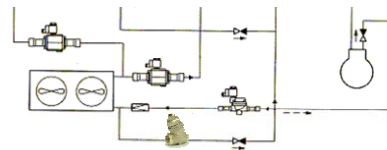
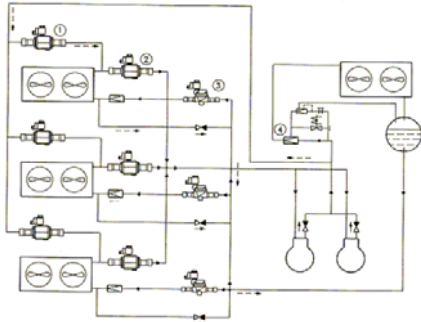


Fig.12 Circuitos de gas caliente con distinta longitud Fig.13 Válvula de asiento en línea de condensados

### Desescarche en servicios especiales

En las aplicaciones de supermercados y tiendas de alimentación, la utilización de murales, islas y vitrinas esta completamente generalizada. En estos tipos de muebles, suele haber una gran iluminación y facilidad de acceso permitiendo la retirada de producto por la mano del consumidor de forma directa sin que medien puertas ni cortinas plásticas. En estos casos, durante el desescarche, los ventiladores suelen estar siempre en marcha manteniendo la cortina de aire reduciendo la entrada de aire caliente del local al mueble y en consecuencia al producto.

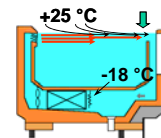


Fig.14 Isla

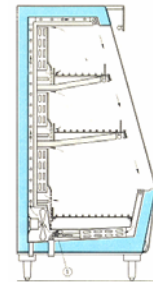


Fig.15 Mural

También existen muebles murales con varias corrientes de aire a distintas temperaturas. El objetivo de estas corrientes de aire es controlar el gradiente de temperatura entre el interior del mueble y el ambiente externo de forma que se minimicen las pérdidas energéticas, a la vez que se evita la formación de niebla.

### Desescarche por gas caliente en sistemas inundados

En grandes plantas industriales de refrigeración, además de las instalaciones de expansión seca, existen unos diseños básicos distintos. Son muy habituales los separadores de líquido en las zonas de baja presión, siendo estos grandes recipientes donde se separa el líquido procedente de la expansión y de los evaporadores del vapor producido en los

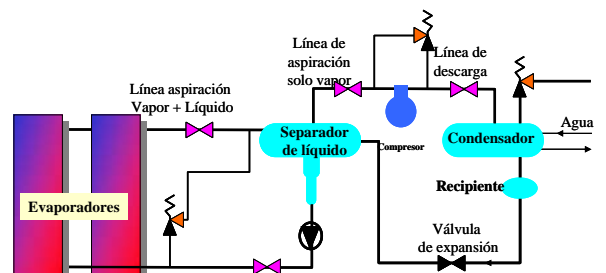


Fig.16 Sistema de refrigeración inundado

evaporadores y en la expansión. Aunque existen muchos tipos de diseños con presiones a distintos niveles, dicho separador siempre estará a una presión inferior a la de descarga de alguno de los compresores de la planta. Esta condición permitirá tomar gas caliente a alta presión pasará por los evaporadores con hielo, y una vez el vapor esté condensado total o parcialmente, retornará al separador de líquido.

Dado que en estos casos existe la posibilidad de drenar los condensados al separador de líquido, la válvula generadora de diferencia de presión no es necesaria. Sin embargo dado que la diferencia de presión entre la línea de gas caliente y el separador de líquido suele ser muy alta, para evitar grandes flujos de vapor que podrían convertirse en un bypass directo con los correspondientes problemas de condensación y pérdida de eficiencia energética, se necesita colocar a la salida del evaporador un restrictor de presión que absorba dicha diferencia de presión y sólo permita la salida de líquido condensado. Estos restrictores pueden ser fijos, reguladores de presión o controles de nivel.

En este punto, las posibilidades de realizar distintos montajes se multiplican, y de hecho, en estos sistemas se puede incluso hablar de diseño de sistemas de gas caliente.

### Desescarche por gas caliente con control de presión de drenaje

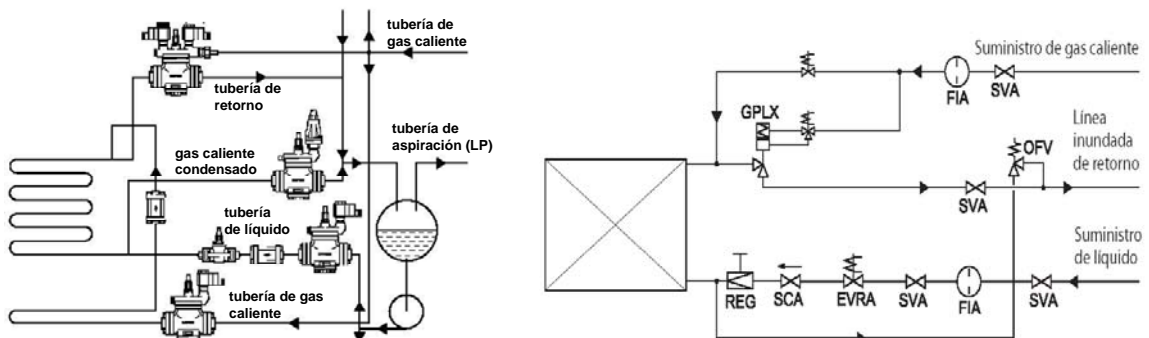


Fig. 17-18 Desescarches en sistemas inundados con control de presión de drenaje

Durante la refrigeración el líquido localizado en el separador de líquido se bombea hacia los evaporadores pasando por la válvula de solenoide, la válvula de retención y la de expansión manual; a la salida del evaporador hay una solenoide con poca pérdida de carga tipo PML, PMLX o GPLX y la mezcla de líquido y vapor retorna al separador de líquido.

Durante el desescarche, se cierra la válvula de solenoide en la aspiración pilotada por gas caliente y se abre la válvula de gas caliente. El gas entra por la bandeja y tras pasar por una válvula de retención que evita la acumulación de líquido durante el proceso de enfriamiento en la bandeja, entra al evaporador donde condensa. La salida del condensado del evaporador se realiza a través de una válvula limitadora de presión ICS+CVP o bien una OFV ajustadas a una presión equivalente entre +4°C y +8°C. Esta válvula abre cuando se alcanza

esta presión, y entonces el líquido condensado sale hacia el separador de líquido.

Para evitar el retorno de líquido a la línea de bombeo, se coloca una válvula de retención entre la válvula de solenoide de líquido y la válvula de estrangulamiento manual.

### Desescarche por gas caliente con control de nivel de líquido

En los dos siguientes esquemas frigoríficos encontramos un sistema de evacuación del condensado realizado por medio de un control de nivel, el cual

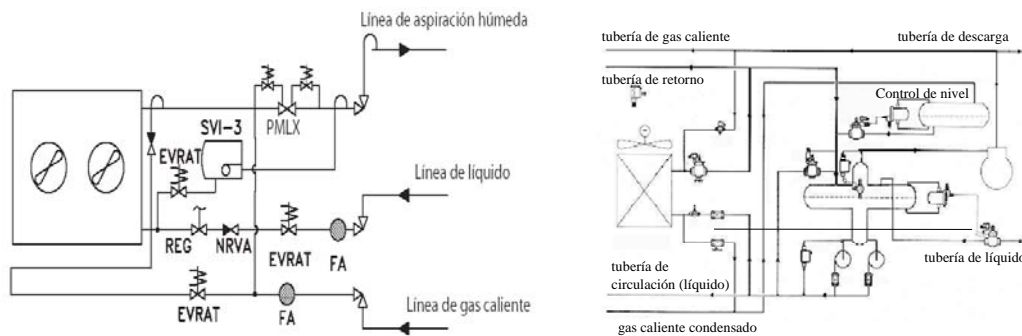


Fig. 19-20 Desescarches en sistemas inundados con control de nivel de líquido

absorbe la pérdida de presión o pilota una válvula de evacuación que absorbe la pérdida de presión entre la presión en el evaporador durante el desescarche y la existente en el separador de líquido.

Este sistema desescarcha más rápido al asegurar la ausencia de líquido en el evaporador el cual impide el suministro de calor para la fusión del hielo.

### Golpes de líquido y apertura por tiempos

Un problema bastante habitual en sistemas de desescarche por gas caliente, son los golpes de líquido producidos cuando el vapor a gran velocidad arrastra partes de líquido acumulado en las partes bajas de tuberías o evaporadores donde se ha acumulado, bien por condensación o bien porque no se ha retirado adecuadamente, contra curvas y controles de la instalación

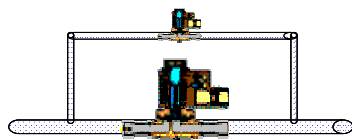


Fig.21 Apertura con dos solenoides

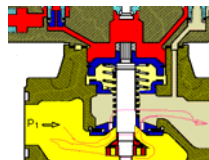


Fig. 22 Apertura 1º tiempo

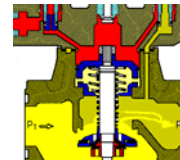


Fig. 23 Apertura 2º tiempo

provocando su mal-función o rotura. La fuerza motora de este fluido a gran velocidad es la diferencia de presión, y sus consecuencias son mayores dependiendo de la sección del componente, de forma que a mayor sección mayor efecto destructivo. Por ello la solución a las situaciones de este tipo que pueden darse tanto en válvulas colocadas en la línea de gas caliente como en las líneas de aspiración es su apertura lenta con válvulas motorizadas o bien su

apertura escalonada en dos tiempos en la cual se abre inicialmente una pequeña sección produciendo un golpe absorbible por la planta y cuando las presiones a ambos lados de la válvula de mayor sección son casi iguales, se abre la sección mayor.

La opción de apertura en dos tiempos se puede realizar bien con dos válvulas de solenoide en paralelo donde la tubería de la válvula pequeña pincha en la parte superior de la tubería de gas caliente, o bien con válvulas donde la apertura escalonada se hace interiormente de forma mecánica como ocurre en las válvulas tipo PMLX, GPLX y en las válvulas motorizadas ICM.

### Bases de cálculo para desescarche por gas caliente

Para dimensionar los componentes asociados al desescarche por gas caliente, se utilizan medios aproximados en base a cierta experiencia.

Siguen bien la norma de poner una tubería de gas caliente de un diámetro superior a la línea del líquido del correspondiente evaporador, y los componentes como válvulas de apertura y cierre siguen el diámetro de la tubería, o bien utilizar una capacidad frigorífica 2,5 veces superior a la del evaporador de forma que con este dato se calculan tuberías y válvulas.

Lógicamente el ajuste experimental y la utilización de la sonda de temperatura de fin de desescarche son necesarios para un ajuste correcto y preciso.

### Análisis de tuberías y válvulas asociadas

Las líneas de tuberías involucradas en el desescarche por gas caliente son cuatro. De entrada con líquido, de salida con gas de aspiración, de entrada con gas caliente y de salida de condensados con mezcla de vapor y de líquido.

Para su analizar los posibles fenómenos que pueden ocurrir en cada una de ellas, realizaremos un estudio individualizado intentando tener en consideración los distintos fenómenos físicos que les afectan.

### Análisis de líneas de entrada al evaporador con líquido

La línea de líquido suministra refrigerante en estado líquido al evaporador. Los componentes instalados en dicha tubería suelen ser un filtro para retener partículas, válvulas de solenoide servo-accionadas para cerrar o abrir el suministro, válvulas de expansión termostática (expansión directa) o de expansión manual (sistema inundado) para regular el caudal de refrigerante, válvulas de retención (sistemas inundados), así como ciertas válvulas de cierre manual.

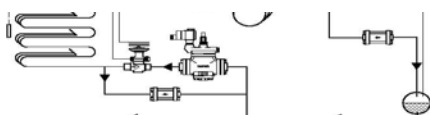


Fig.24 Línea líquido. Expansión seca

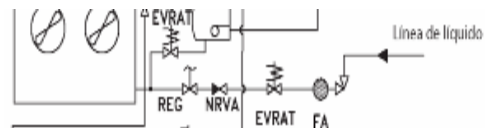


Fig.25 Línea líquido. Sistema inundado

La presión en la línea de líquido puede ser alta en los sistemas de expansión directa, o baja en los sistemas inundados.

Durante el desescarche esta línea tiene el paso cerrado por la válvula de solenoide impidiendo la entrada de líquido al evaporador. A la vez,

especialmente en los sistemas inundados, por esta línea no debe volver el gas de alta presión hacia atrás evitándose con una válvula de retención después de la válvula de solenoide. Colocar la válvula de retención después de la válvula de solenoide, para evitar que las dilataciones del líquido atrapado puedan romper algún componente.

Las válvulas de solenoide y de retención se calcularán para el caudal de líquido que circulará a través de ellas. En sistemas de expansión directa será necesario conocer la capacidad del evaporador delante del cual estará colocada, las condiciones de trabajo como presiones de condensación, de evaporación así como el recalentamiento y subenfriamiento o la temperatura de líquido para realizar su cálculo de forma correcta. Se deberá tener en cuenta que la caída de presión a través de la válvula sea superior a la mínima diferencia de presión de apertura de la válvula seleccionada. Es recomendable hacer un análisis de funcionamiento en caso de condiciones ambientales variables con condensaciones bajas o con grandes subenfriamientos.

### **Análisis de líneas de entrada con gas caliente**

Debe distinguirse entre dos líneas de gas caliente. Por un lado la línea que suministra gas al evaporador y por otro la línea general de descarga que va desde el compresor al condensador.

La línea de gas caliente suministra el gas caliente portador de calor al evaporador para provocar la fusión del hielo. Los componentes instalados en esta tubería suelen ser filtros, válvulas de solenoide y reguladores de presión.

Por esta línea, cuando no hay circulación de gas, la temperatura es igual a la temperatura ambiente, sin embargo se somete a altas temperaturas cuando se hace circular gas caliente a través de ellas. Al estar sometida a diferencias de temperaturas, estas tuberías sufren dilataciones. Para evitar la rotura de dichas tuberías por dilatación, éstas se deben diseñar permitiendo la dilatación en todas las direcciones.

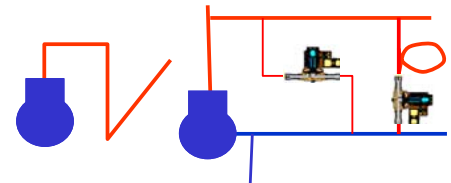


Fig.26 Libertad de dilatación

La válvula de solenoide que permite el paso del gas caliente, en el inicio de la apertura esta sometida a una gran diferencia de presión. Esto puede provocar problemas relacionados con golpes de presión que pueden ser peligrosos cuando existe líquido condensado en la tubería.

En esos casos se debe evitar la condensación y/o acumulación de líquido en dicha tubería. Esto se puede conseguir diseñando la instalación de forma que el líquido condensado deslice hacia el colector de descarga de compresores al dar una inclinación a la línea de gas caliente, evitando las trampas de líquido, o bien regulando la presión en la tubería de gas caliente con una válvula de control de presión aguas abajo, a una presión que impida la condensación de líquido.

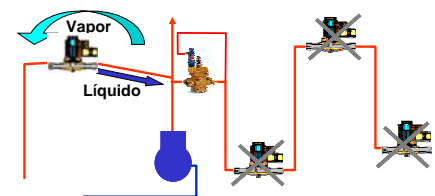


Fig.27 Evitar acumulación de líquido

Estos métodos utilizados para evitar la acumulación de líquido en al línea de gas caliente no son muy eficientes, ya que por un lado los trazados de tuberías son largos y se tienen que adaptar a las condiciones del edificio, y por otro, la

presión a mantener en la tubería debe ser superior a 5°C (temperatura de saturación convertible en presión) lo cual puede no evitar la condensación en invierno con temperaturas ambientes negativas.

Cuando no es posible evitar la condensación de líquido en esta tubería y el diámetro de la tubería es mayor de 15 mm., se podrán colocar bien válvulas motorizadas de apertura lenta o bien dos válvulas de solenoides de distinto tamaño en paralelo, una pequeña que abrirá primero e igualará las presiones entre las válvulas, y pasados unos segundos (alrededor de 15 seg.) abrirá la válvula grande.

Se emplean válvulas de solenoide operadas directamente, servo-accionadas, y válvulas motorizadas de apertura lenta.

En el desescarche por gas caliente es muy normal la acumulación de hielo en la bandeja del evaporador, para lo cual se debe introducir por ella un serpentín con gas caliente. Tal como vemos en el ejemplo de la figura, el gas caliente pasa por la bandeja y entra en el evaporador con un contra-sifón. Se observa una válvula de retención en la tubería entre la bandeja y el evaporador, la cual tiene la función de impedir la condensación y acumulación de líquido en la bandeja durante la producción de frío, ya que si dicha bandeja se llenase de líquido, al iniciar el desescarche se produciría un arrastre violento de líquido por el gas caliente con los efectos dañinos ya descritos.

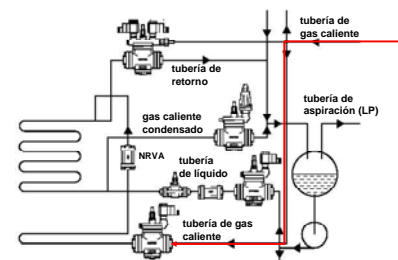


Fig.28 Entrada en la bandeja

La línea de gas caliente entre el compresor y el condensador, en los sistemas de expansión directa suele incorporar una válvula para generar una diferencia de presión entre 1,5 y 2 bar que permite el desvío de gas caliente hacia el evaporador permitiendo el paso del gas no necesario al condensador.

Para conseguir la diferencia de presión en la válvula, tal como se ve en la figura 29, se incluye un control gobernado por una diferencia de presión ajustada de forma que cuando se realiza el desescarche cierra la válvula de gas caliente en la medida necesaria para crear esta diferencia de presión.

Esta válvula en condiciones normales deberá estar completamente abierta, por lo que necesitará una orden eléctrica todo/nada para abrirla completamente.

Esto es, la válvula en condiciones de desescarche actúa como una válvula que se cierra parcialmente para generar una diferencia de presión, y en condiciones normales actúa como una válvula de solenoide completamente abierta.

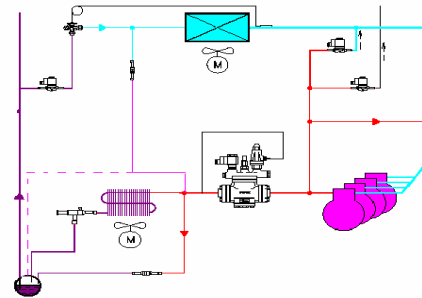


Fig.29 V. generadora de diferencia de presión

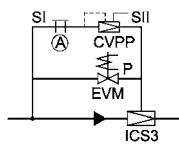


Fig.30 EVM//CVPP

En la figura, la válvula ICS3 estará completamente abierta de forma forzada cuando la válvula de solenoide EVM esté abierta y la ICS3 estará parcialmente abierta generando la diferencia de presión ajustada cuando la EVM esté cerrada.

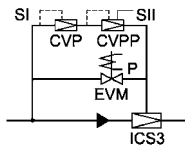


Fig.31 EVM//CVP+CVPP

A veces, cuando la temperatura ambiente es muy baja, la presión de condensación es reducida y el caudal de gas caliente desviado disminuye considerablemente. En estas condiciones, debe incorporar un sistema de regulación de presión de descarga donde la válvula ICS3 estará completamente abierta de forma forzada cuando la válvula de solenoide EVM esté abierta y cuando la EVM esté cerrada, la ICS3 estará parcialmente abierta manteniendo una presión a la entrada superior a la ajustada en la CVP y simultáneamente creando una diferencia de presión superior a la ajustada en la CVPP.

Esta válvula ICS al estar trabajando en condiciones tan distintas, por un lado completamente abierta, y por otro generando una diferencia de presión de 1,5 a 2 bar, hace que su cálculo y selección sea complejo, siendo el principal problema la no disponibilidad de tablas con una caída de presión de 1,5 a 2 bar. Para su cálculo recomendamos la utilización del programa de software DIRcalc™ utilizando el siguiente procedimiento.

1. Se analiza que válvula ICS es capaz de generar una caída de presión de 1,5 a 2 bar cuando la capacidad se ha reducido por ejemplo al 50% del total (dependiendo del escalonamiento de capacidad puede ser el 30%, el 25%, etc. del total) y se anotan los valores de pérdida de presión y el tamaño de la válvula. Con esta información sabemos a que diámetro deberá reducirse el diámetro de la válvula a instalar.
2. Determinar la sección que quedará en las condiciones anteriores ( $\pi\varnothing^2/4$ )
3. Se analiza que válvula ICS como reguladora de presión debe ir en la instalación considerando el 100% de capacidad, teniendo en cuenta la caída de presión en la válvula y la mínima reducción de capacidad posible. Apuntar estos valores. Con esta información sabemos que diámetro tiene la válvula a instalar.
4. Determinar la sección de la válvula a instalar ( $\pi\varnothing^2/4$ )
5. Determinar el tanto de apertura que debe tener la válvula analizada en el punto 3 cuando esté parcialmente cerrada para generar una caída de

presión entre 1,5 a 2 bar con la sección determinada en 2 (dividir la sección de 2 entre la sección en 4 y multiplicar por 100).

6. Si el % de apertura en el punto 5 es inferior a la mínima reducción de capacidad analizada en 3, entonces esta válvula es demasiado grande. Si el % es superior pasar al punto 8
7. Volver al punto 3 y repetir el proceso con una válvula de un tamaño inferior al analizado antes.
8. Si el % de apertura es superior a la mínima reducción de capacidad analizada en 3, entonces esta es la válvula correcta.

En ocasiones se encuentran situaciones difíciles donde se deben alcanzar compromisos entre la mínima apertura posible de la válvula para generar la diferencia de presión requerida y la pérdida de presión con apertura completa.

Las válvulas motorizadas, también pueden utilizarse con éxito para esta función.

### **Análisis de líneas de salida del evaporador con gas de aspiración**

Por la línea de aspiración a la salida del evaporador puede pasar vapor hacia la aspiración del compresor (expansión seca), o una mezcla de vapor y líquido que retorna al separador de líquido (sistemas inundados).

El componente más utilizado en esta línea es una válvula de cierre gobernada por acciones eléctricas en cualquiera de sus múltiples variantes.

Como durante el desescarche, el evaporador acumula líquido condensado a alta presión, la válvula que está colocada en la salida del evaporador, comunica una zona de alta presión en el evaporador con una de baja presión en la aspiración o separador de líquido.

Esto puede provocar que al abrir la válvula se produzca un arrastre de líquido acumulado y no eliminado del evaporador durante el drenaje de líquido del evaporador. Estos arrastres de líquido pueden provocar roturas en dichas válvulas y en las tuberías de la planta.

La elección adecuada de la válvula así como la maniobra correcta del desescarche evitan la aparición de este problema.

También debe considerarse que, la ubicación de esta válvula en la zona de aspiración en muchos casos es crítica. Por un lado es necesaria para realizar correctamente el desescarche por gas caliente, cortando el paso de gas caliente a la aspiración, y por otro lado generan una pérdida de carga adicional que penaliza, el consumo de la bomba de líquido o del compresor. Factor éste último de especial importancia en bajas temperaturas de evaporación, ya que



una reducción de un grado en la temperatura de aspiración equivale aproximadamente a un 4-5% de consumo extra.

Cuando se coloca una válvula en la tubería de aspiración o en la salida del evaporador, siempre es recomendable hacer un análisis económico de los costes de inversión de los distintos tipos de válvulas y del incremento de consumo de la planta.

Para esta función, encontramos válvulas basadas tanto en principios neumáticos bien por la fuerza del propio gas de aspiración o bien por la fuerza externa de vapor a alta presión como en principio de acción directa con motores. En general los asientos de las válvulas están compensados para que con una reducida fuerza motriz se puedan abrir y cerrar con facilidad. La apertura puede realizarse bien con aperturas rápidas, en dos tiempos o ralentizadas con una rampa de apertura.

Lógicamente dependiendo del tipo de válvula instalada, la maniobra de control será distinta, por lo cual es necesario conocer en detalle los distintos tipos de válvulas.

La utilización de simples válvulas de solenoides normalmente abiertas (abiertas sin tensión) con apertura servo-accionada es aceptable hasta un diámetro de 15mm.

La utilización de dos válvulas de solenoide de distinto tamaño en paralelo se emplea para diámetros mayores de 15mm. La apertura de la válvula de solenoide pequeña (aproximadamente con el 10% del caudal total) se realiza en primer lugar, y una vez se igualan las presiones entre la entrada y la salida (estimado en 15 seg. pero a determinar experimentalmente) se abre la válvula mayor.

La utilización de válvulas servo-accionadas por el mismo fluido que circula por su interior, tiene el inconveniente de reducir la eficiencia energética de la planta por la pérdida de presión inherente a su funcionamiento el cual, con temperaturas de aspiración muy bajas puede no ser aceptable. Esto se evita utilizando válvulas de apertura neumática con gas de alta presión de apertura en uno dos tiempo, o bien con válvulas motorizadas.

Las válvulas de accionamiento neumático con gas de descarga, se mantienen normalmente abiertas con la presión de alta empujando el asiento de la válvula. Esto puede provocar la condensación de líquido en las partes internas de la válvula, el cual se deberá evacuar adecuadamente y durante un tiempo determinado en el proceso de cierre de la válvula. Esto significa que al hacer el desescarce utilizando estas válvulas, antes de aportar calor por la línea de gas caliente deberá esperarse a que está válvula esté cerrada. Existen versiones de apertura instantánea con riesgos de arrastre y golpes de líquido, y versiones de apertura mecánica en dos tiempos con un asiento doble, el cual abre una parte en primer lugar (aproximadamente un 10%), y cuando las presiones se han igualado abre completamente.

Por último están las válvulas motorizadas, con aperturas y cierres suaves y controlables con la actuación sobre un motor bien eléctrico, térmico o magnético. En este caso al gobernar el grado de apertura de una forma continua desaparecen los golpes de líquido, y al utilizar la fuerza del motor en la apertura no es necesaria una caída de presión grande en la válvula.

Las válvulas colocadas en la línea de aspiración, se calcularán para el caudal de vapor o mezcla de líquido y vapor que circular a través de ella.

En sistemas de expansión directa será necesario conocer la capacidad del evaporador, las condiciones de trabajo como presiones de condensación y de evaporación así como el recalentamiento, el subenfriamiento o la temperatura de líquido para realizar su cálculo de forma correcta.

En sistemas inundados será necesario conocer la capacidad del evaporador, el número de recirculaciones, la presión de impulsión de bomba y las condiciones de trabajo.

### Análisis de líneas de salida de condensados con mezcla de líquido y vapor

Por la línea de salida de condensados del evaporador puede pasar líquido, vapor o una mezcla de ambos hacia distintos lugares posibles de la instalación frigorífica donde la presión es inferior a la del evaporador. Tal como se indicó, esta línea de condensados en sistemas de expansión seca puede ir a la línea de líquido, al recipiente de líquido, o a la entrada del condensador, y en sistemas inundados suele ir a un separador de líquido. Estas líneas pueden partir bien de la salida del evaporador, o bien de la entrada del evaporador, dependiendo de la conexión de gas caliente.

Los componentes utilizados en esta línea son múltiples y variados incluyendo válvulas de retención, válvulas manuales de asiento, reguladoras de presión o controles de nivel de líquido.

Tal como se aprecia en las figuras los esquemas de principio pueden ser diferentes y cada uno de ellos tiene unas ventajas frente a otros.

Líneas de evacuación de condensados

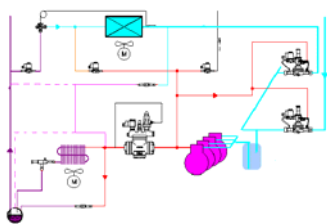


Fig.32 V. Retención

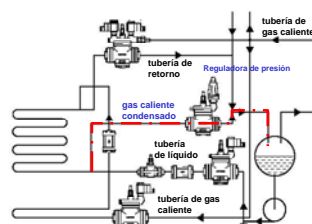


Fig.33 V. Reguladora de presión

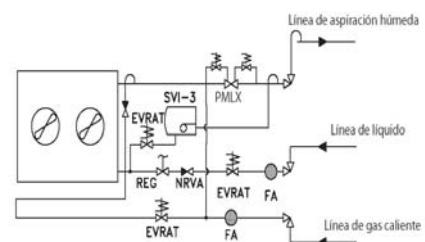


Fig.34 V. Control de nivel

Por ejemplo, el primer sistema (figura 32), el condensado a la línea de líquido se devuelve con una sencilla válvula de retención, con una instalación muy simple y económica. Se recomienda colocar una válvula manual de asiento en esta línea para regular el caudal de gas caliente introducido en el evaporador. Este sistema, cuando ya ha terminado de fundir el hielo, si no se corta el suministro de vapor al evaporador, comienza a introducir vapor directamente a la línea de líquido generando problemas de funcionamiento en las válvulas de

expansión termostáticas posteriores. De las tres posiciones de retorno, la menos problemática es la que retorna el condensado a la entrada del condensador y no a la línea de líquido ni al recipiente de líquido.

En el sistema de la figura 33, con una reguladora de presión se asegura que se alcanza una temperatura positiva que pueda fundir el hielo en el interior del evaporador (4-8°C). En ciertos momentos de acumulación excesiva de hielo en el evaporador, se puede llenar mucho con líquido condensado y tener una transmisión muy lenta. Una variante de las válvulas reguladoras de presión son las válvulas de alivio que se utilizan para permitir el paso de líquido cuando la presión es mayor a la ajustada.

En el tercer ejemplo, figura 34, hay un control de nivel colocado a una altura estudiada del evaporador de forma que independientemente de la presión va evacuando el líquido según se forma. Al quedar el evaporador libre de líquido, la transmisión de calor del vapor condensante con la tubería que contiene el hielo es más rápida y directa.

### **Controladores y válvulas de los procesos de desescarche.**

La utilización de levas programadoras, relojes y múltiples combinaciones de relés, es una tecnología de gestión del desescarche obsoleta que tiempo ha fue sustituida por componentes electrónicos que incorporando los relés necesarios en cada situación, y utilizando una lógica combinando tiempos, programas horarios, ajustes de temperaturas y ajustes de presión realiza la maniobra del desescarche con una gran flexibilidad y precisión.

Los autómatas, PLC y controladores específicos como los termostatos y programadores de desescarche (combistatos), se han incorporado para poder realizar los procesos de desescarche a medida.

Los equipos electrónicos dan las órdenes para la gestión del desescarche, y por medio de relés, las válvulas, motores, ventiladores, etc. ejecutan las acciones.

Para la gestión del desescarche se emplean tanto válvulas de solenoide, como motorizadas y reguladoras de presión. Todas ellas realizan ciertas funciones y todas ellas son útiles para el correcto desarrollo del desescarche.

En el anexo1, se muestran los distintos tipos de válvulas que intervienen en los desescarches por gas caliente y las líneas en las cuales suelen ir colocadas.

### **Bibliografía:**

Wilbert F. Stoecker.- Industrial Refrigeration handbook. Sección 6.22 / 6.23/ 6.24. Publicado por McGraw-Hill 1.998

Anatolii Mikhailov.- Automatic Controls for Industrial Refrigeration System. Secciones 5.3 / 5.4. Publicado por Danfoss 2.006

Félix Sanz.- Desescarche. Tipos, circuitos y componentes nº 425 y 426. Publicado por El Instalador 2.006

Anexo 1. Componentes utilizados en desescarche por gas caliente y tuberías donde pueden estar ubicados.

<b>Componentes</b>	<b>Apertura</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ø mm.</b>	<b>L. Líq.</b>	<b>L. Asp.</b>	<b>L. Gas Cal.</b>	<b>L. Con.</b>
Válvulas de solenoide	servo-accionada	<b>EVR</b>	3 - 40	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	No
		<b>EVRA / EVRAT</b>	10 - 40	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	No
	gas caliente	<b>PKVD / PKVS</b>	12 - 20	No	<b>Si</b>	No	No
	servo-accionada	<b>ICS + EVM</b>	10 - 65	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	No
		<b>PM + EVM</b>	10 - 125	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	No
	gas caliente	<b>PML / PMLX</b>	10 - 125	No	<b>Si</b>	No	No
		<b>GPLX</b>	80 - 150	No	<b>Si</b>	No	No
V. motorizadas	motor	<b>ICM + ICAD</b>	10 - 65	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	No
Reguladoras de presión	servo-accionada	<b>OFV</b>	20 - 25	No	No	No	<b>Si</b>
		<b>CVMD</b>	1/2"	No	No	No	<b>Si</b>
		<b>KVR</b>	12 - 35	No	No	No	<b>Si</b>
		<b>PM+CVP+EVM</b>	10 - 125	No	<b>Si</b>	No	<b>Si</b>
		<b>ICS+CVP+EVM</b>	10 - 65	No	<b>Si</b>	No	<b>Si</b>
		<b>ICS+CVC</b>	10 - 65	No	No	<b>Si</b>	<b>Si</b>
Contr. de nivel	flotador	<b>SV 1 - 4</b>	3/8"	No	No	No	<b>Si</b>
Válvulas de retención	fluido interior	<b>NRV / H</b>	6 - 35	<b>Si</b>	No	<b>Si</b>	<b>Si</b>
		<b>NRVA / SCH</b>	15 - 200	<b>Si</b>	No	<b>Si</b>	<b>Si</b>