

## **1. INTRODUCCIÓN**

Algunos de los sistemas de refrigeración comercial que abordaremos en este artículo de la colección técnica, utilizados principalmente en supermercados, tratarán las diversas posibilidades de trabajar con compresores en paralelo del tipo alternativo de simple y de doble etapa. Vamos a abordar también los sistemas booster. La operación de compresores en paralelo es tan divergente que nos es imposible generalizar el tema. Este artículo no pretende tomar partido en esta discusión y la elección de uno o de otro tipo de proyecto depende exclusivamente de las exigencias específicas de cada aplicación.

## **2. SISTEMA PARALELO DE COMPRESORES**

El sistema con diversos compresores montados en paralelo es una solución moderna de refrigeración que aparece innumerables ventajas técnico económicas aplicadas en instalaciones de mediano y grande porte.

Este artículo trata las varias posibilidades de trabajar con compresores en paralelo del tipo alternativo de simple y doble etapa y también la operación de los sistemas booster.

Consiste básicamente en dos o más compresores montados en el mismo circuito frigorífico, los cuales podrán funcionar todos simultáneamente o una parte de ellos, conforme la demanda de frío necesario. Las justificativas para la adopción del sistema son diversas. Primeramente para disminuir el número de compresores sin que se deje la instalación parada, en el caso de haber defeción de alguno de ellos. Quiere decir que la instalación puede proseguir su funcionamiento normal durante el tiempo en que se esté efectuando cualquier reparación. Podrá haber algunas limitaciones, pero nunca colocar en riesgo la continuidad de la perfecta conservación de los productos.

Una de las razones que influye en la opción del sistema paralelo se debe a la variación de la carga térmica verificada en la gran mayoría de las instalaciones de refrigeración. De un modo general, resulta muy difícil saber con exactitud la necesidad instantánea de frío requerida por una instalación.

Deben tenerse en cuenta aspectos operacionales, tipo de producto, rotatividad, condiciones de los productos a almacenar, factores éstos no siempre conocidos por el interesado de la instalación. Los cálculos se hacen de acuerdo con la orientación técnica para atender la demanda máxima de frío.

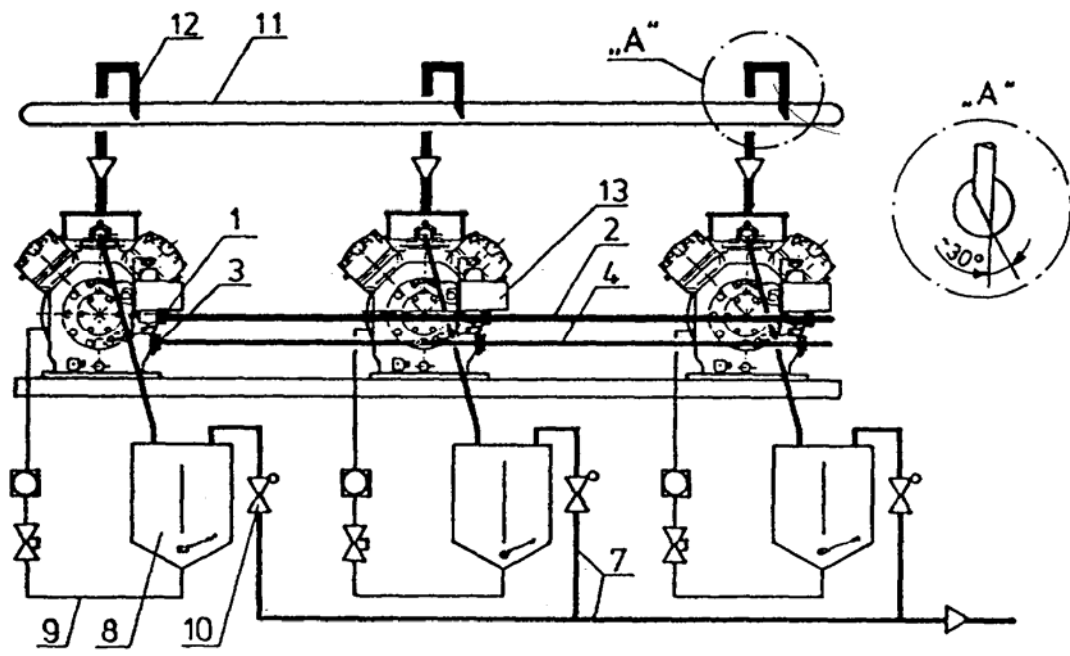
Quiere decir que en los días más calurosos del año la instalación deberá seguir funcionando sin comprometer los productos conservados. Es importante destacar que apenas del 5 al 10% del tiempo se produce la carga térmica máxima. Durante lo restante de dicho tiempo (90 al 95%) el funcionamiento se desarrolla con gran ociosidad del equipo.

Los ciclos de las estaciones del año y de los días y noches, asociados a los aspectos meteorológicos y operacionales, convierten la carga térmica o la necesidad de frío ampliamente variable.

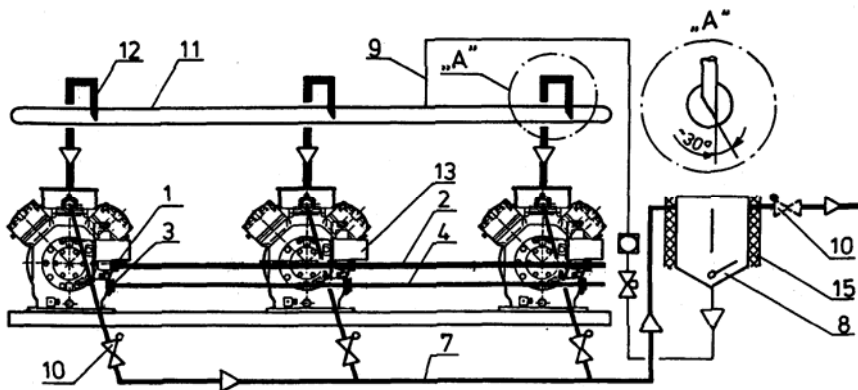
Acompañar esta variación en la necesidad de frío es una tarea difícil en instalaciones convencionales.

Normalmente se lo consigue variando el régimen de funcionamiento con un derroche muy grande de energía eléctrica.

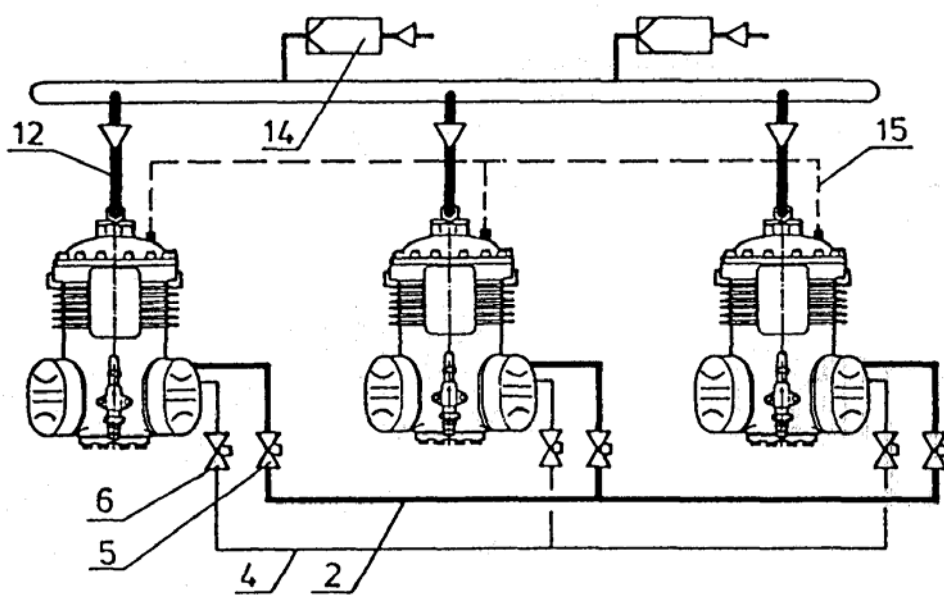
**Figura 1: Sistema paralelo de compresores con separador de aceite individual y equalización**



**Figura 2: Sistema paralelo de compresores con separador de aceite común y equalización**



**Figura 3: Sistema paralelo de compresores con separador de aceite común y ecualización**



Leyenda:

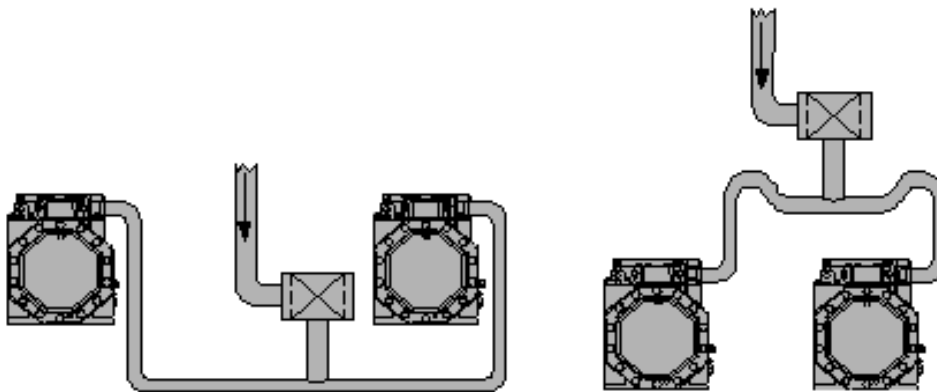
- 1.- Adaptador de conexión de ecualización de gas
- 2.- Línea de ecualización de gas
- 3.- Adaptador de conexión de ecualización de aceite
- 4.- Línea de ecualización de aceite
- 5.- Válvula de bloqueo de la ecualización del gas
- 6.- Válvula de bloqueo de la ecualización del aceite
- 7.- Línea de descarga
- 8.- Separador de aceite
- 9.- Retorno de aceite, separador de aceite
- 10.- Válvula de retención
- 11.- Colector de succión
- 12.- Línea de succión para los compresores
- 13.- Presostato de aceite
- 14.- filtro de la línea de succión
- 15.- Línea de ecualización entre las cámaras de succión

En resumen, en estas instalaciones la ociosidad de los equipamientos durante los períodos de pequeña carga térmica no es apropiada y, por el contrario, acaba elevando los costos operacionales.

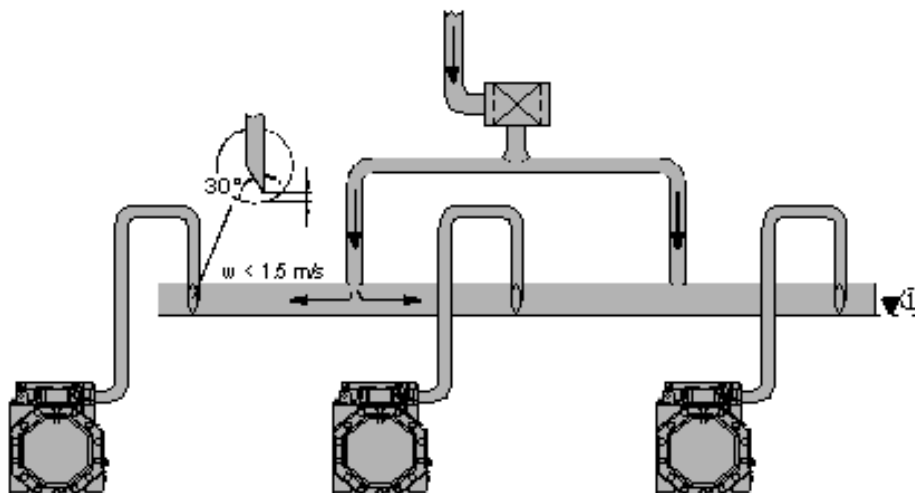
Sin embargo, lo contrario se verifica en instalaciones equipadas con compresores en paralelo. A medida que la carga térmica sufre variaciones, los compresores acompañan estas variaciones colocando las máquinas en funcionamiento conforme sea necesario. En el

sistema central se producen muchos ciclos de arranque y parada de los compresores toda vez que disminuye la carga térmica. Las paradas y arranques sucesivos consumen gran cantidad de energía eléctrica. Ya en el sistema paralelo los ciclos son bastante reducidos por la versatilidad que tiene al ajustarse a las variaciones de la necesidad de frío. O sea, hay una modulación de capacidad. No cabe duda de que la responsabilidad en el funcionamiento de un sistema paralelo es grande, teniendo en cuenta que el mismo atiende un número mayor de ambientes. Por esta razón cada compresor podrá ser aislado del sistema por problemas de mantenimiento, pudiendo ser retirado sin comprometer la continuidad de funcionamiento de los demás. El conjunto paralelo es equipado con controles y accesorios de alta calidad para asegurar su funcionamiento continuo. Los principales accesorios son: separador de aceite con retorno automático, cámara de aceite, válvulas reguladoras de nivel de aceite de los cárteres (flotadores), válvula reguladora de presión de la cámara, presostato de alta y baja, presostato diferencial de aceite cuando haya lubricación forzada, recipiente de líquido con válvulas de servicio, filtro secador tipo recargable, visor de líquido, válvula solenoide etc.

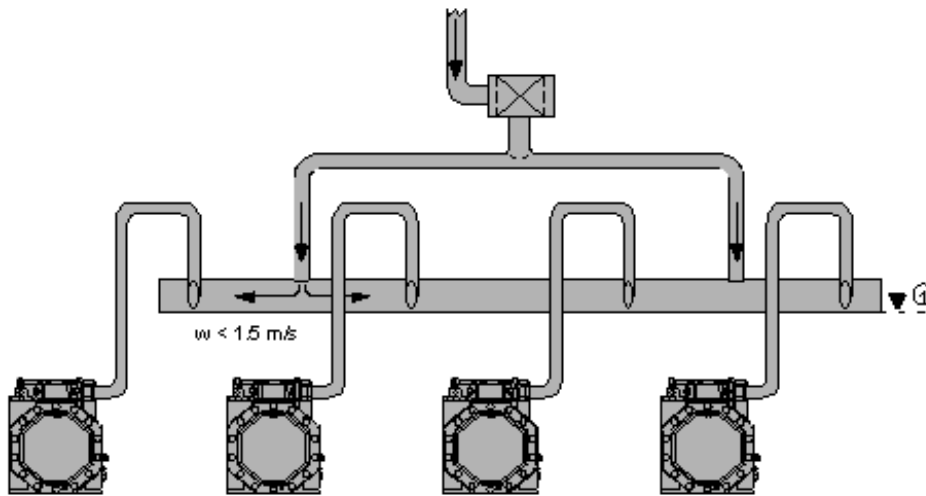
**Figura 4: Proyecto colector de succión – dos compresores en paralelo**



**Figura 5: Proyecto colector de succión – tres compresores en paralelo**



**Figura 6: Proyecto colector de succión – cuatro compresores en paralelo**



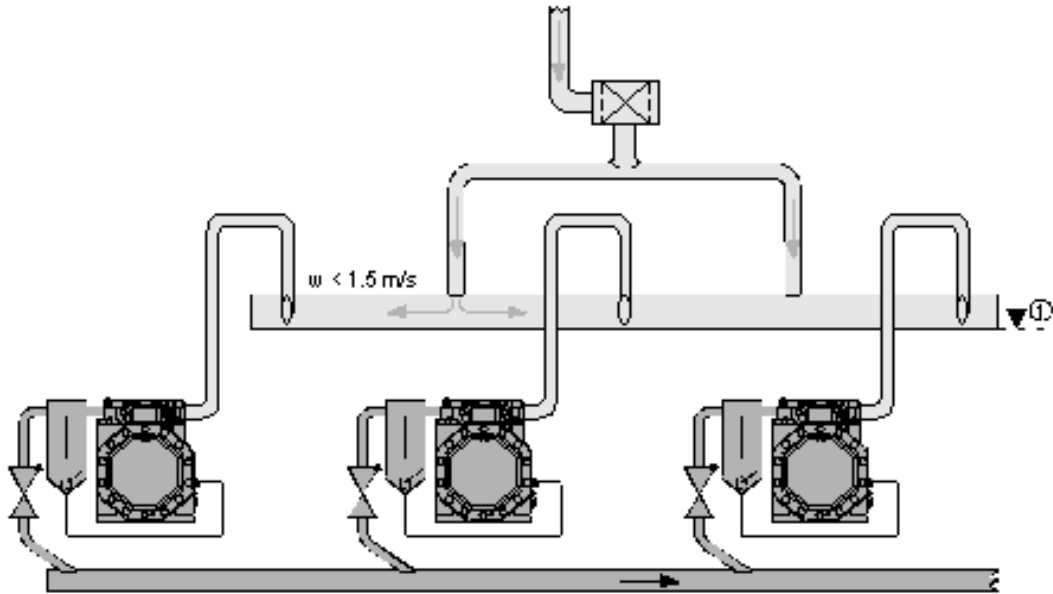
El sistema viene con un cuadro de comandos eléctricos montados en gabinetes compactos y circuito estandarizado con recursos de total automatización. Cada motor eléctrico se acciona en secuencia para evitar una superposición de arranques, lo que aumentaría la cuenta de energía eléctrica. Todos los componentes se montan sobre base especial con refuerzos para evitar vibraciones excesivas, formando así un conjunto llamado rack cuyo montaje se vuelve simple, bastando un piso nivelado con capacidad para soportar su carga.

### **3. ALGUNAS .VENTAJAS DE LOS COMPRESORES MONTADOS EN PARALELO**

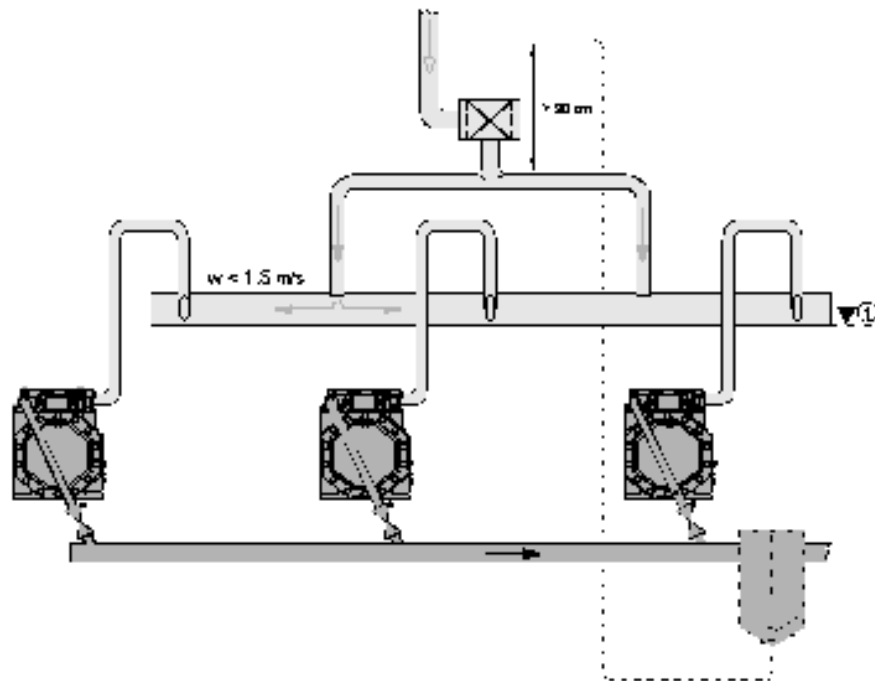
Mayor versatilidad del sistema, proporcionando más seguridad al funcionamiento, lo que permite una aplicación en un gran número de ambientes que se sitúen en la misma franja de temperatura.

Facilidad de adaptación a la variación de la demanda de frío, con control modulante de capacidad.

**Figura 7: Proyecto colector de descarga con separador de aceite individual**



**Figura 8: Proyecto colector de descarga con separador de aceite común**



Disminución del número de compresores y costos operacionales. Durante las operaciones de mantenimiento no compromete el funcionamiento continuo de toda la instalación.

Conjuntos compactos con gran capacidad, disminuyendo el espacio de la sala de máquinas. Utilización de apenas un sistema de condensación, con esto se aprovecha su ociosidad con el objetivo de mejorar el desempeño de la instalación.

Disminución del consumo de energía eléctrica si lo comparamos con el sistema central y, consecuentemente, menor potencia instalada.

Facilidad operacional ya que no necesita la permanencia de operador, a no ser para las operaciones de rutina de lecturas, mantenimiento preventivo y correctivo.

Menor costo de inversión, propiciando un retorno de la misma en un corto o mediano plazo. Mayor facilidad y rapidez de instalación.

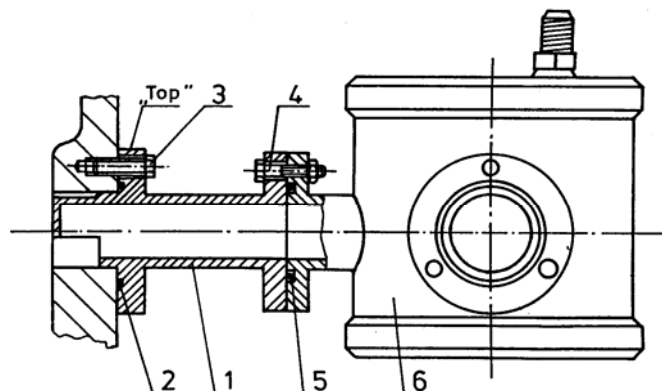
La experiencia demuestra que tales instalaciones, debido a sus diversificaciones, no están exentas de problemas particulares con respecto al retorno de aceite a los compresores. Los ítems a seguir servirán para aclarar los criterios esenciales del proyecto e instalación.

#### **4. COMPRESORES ALTERNATIVOS SEMI-HERMÉTICOS DE SIMPLE ETAPA DE COMPRESIÓN MONTADOS EN PARALELO**

##### **4.1 Recomendaciones del proyecto e instalación**

En sistemas en paralelo, la cantidad de aceite que cada compresor libera en la instalación no siempre es la misma que retorna al carter por la succión. Se hace necesario, por lo tanto, equalizar el nivel de aceite entre los compresores adecuadamente, con ínter ligaciones de aceite y gas entre ellos o instalación de reguladores de nivel de aceite en cada uno. Esto último debe ser preferentemente escogido en las instalaciones con compresores de doble etapa o en sistemas que utilizan evaporadores inundados.

**Figura 9: Regulador de nivel de aceite**

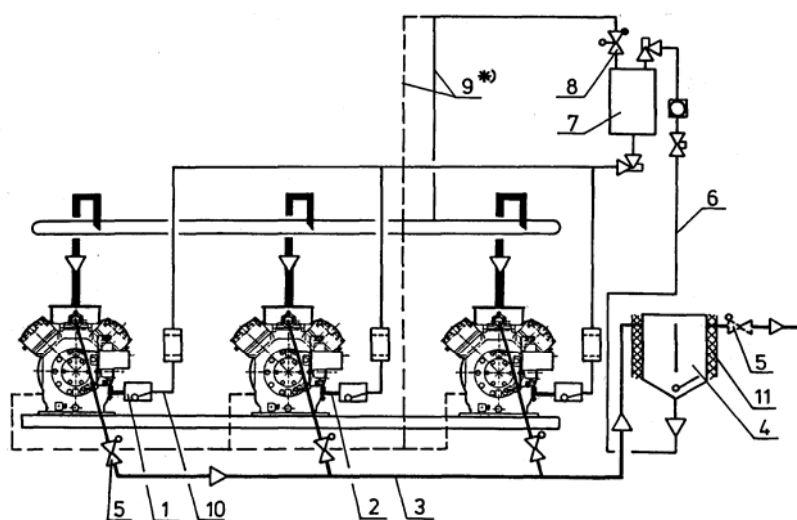


## 4.2 Ecuación de aceite y gas

Cuando más de un compresor opera en un único frigorífico, deben ser ínter ligados por un sistema de ecuación de aceite y gas adecuadamente dimensionado para que no haya posibilidad de que transvase el aceite entre los compresores.

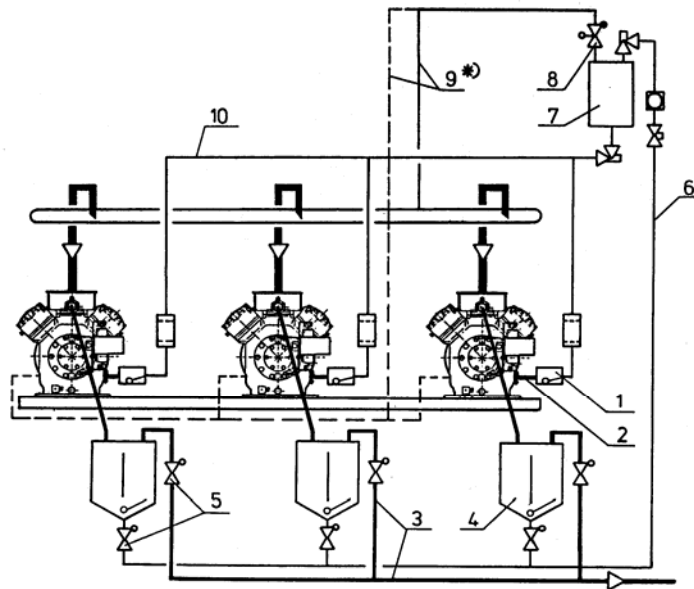
Este procedimiento está basado en el hecho de que solamente el flujo necesario sale por la línea de ecuación. De la misma forma, la línea de ecuación de gas debe ser capaz de equilibrar la presión entre los cárteres de los compresores, permitiendo el flujo de gas necesario para ello, evitando que diferencias de presiones causen desniveles de aceite inadmisibles. Además de eso, se verifican pérdidas de carga en la línea de succión desde el colector de succión hasta el compresor y aún en el propio compresor. Las diferencias de presión, aunque pequeñas, causan grandes diferencias de nivel. Véase que una diferencia de 0,01 bar causa un desnivel de 11 mm; por ello la importancia de una ecuación de gas bien dimensionada. A pesar de las razones enunciadas, se pueden instalar compresores de capacidades diferentes, en paralelo, aunque existan opiniones divergentes sobre el tema, bastando, para ello, con dimensionar las ecuaciones de aceite y gas con bastante generosidad y cautela, no dejando de lado el hecho de que la ecuación de aceite y gas varía de acuerdo con el tipo de compresor. La instalación de un separador único basado en la capacidad total del sistema debe restringirse a las instalaciones más simples. En este caso la selección se hace de la misma forma que los separadores por compresor, siendo que la menor conexión con el separador debe tener el área del colector de descarga. En el caso de "racks" montados con más de 3 compresores en paralelo, se debe cuidar que no quede solamente un compresor en operación, pues esto podrá comprometer la eficiencia del separador de aceite y, consecuentemente, faltará aceite en los cárteres de los compresores. Es esencial un aislamiento eficaz del separador para evitar un enfriamiento excesivo (por pérdida de eficiencia del separador) o la condensación en cargas parciales.

**Figura 10: Proyecto del colector de descarga con separador**





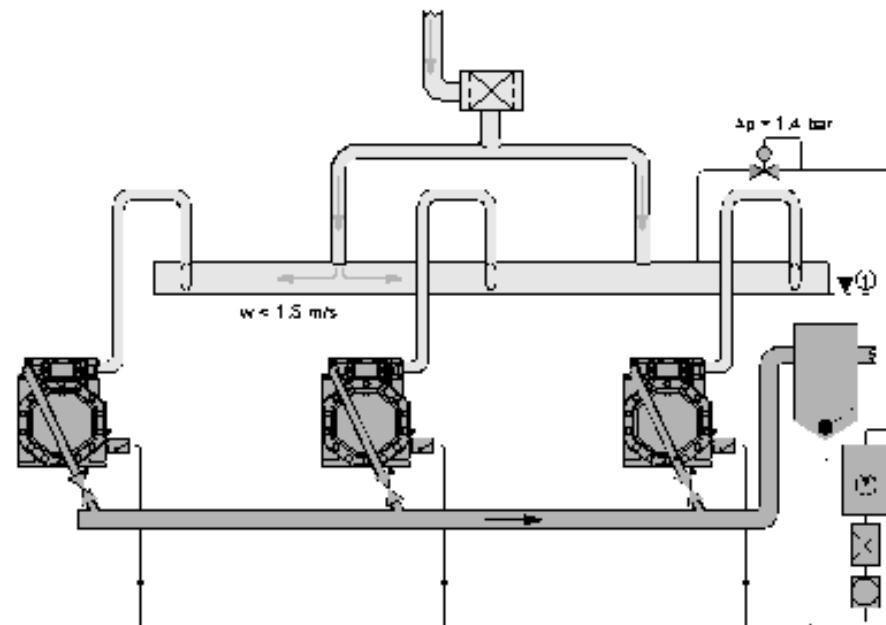
**Figura 11: Proyecto del colector de descarga con separador de aceite individual y reguladores de nivel de aceite**



#### 4.3 Recomendaciones Importantes

La instalación de un registro de bloqueo en las líneas de ecualización permite que un compresor sea substituido sin necesidad de la parada de los otros compresores. Para minimizar las pérdidas de carga se recomienda utilizar solamente registros de esfera.

**Figura 12: Proyecto del colector de descarga con separador**



#### **4.4 Distribución de aceite en el colector de succión**

La distribución de aceite uniformemente se puede asegurar mediante un colector de succión bien dimensionado aliado al control riguroso de las condiciones de operación de los compresores.

El proyecto y construcción del colector de succión de forma correcta, requiere un estudio detallado del flujo de aceite el que, en algunos casos, debería ser determinado después de testes minuciosos.

Un flujo de aceite constante y controlado presupone utilizar un sistema adecuado de control el cual exige un conocimiento previo de la duración de los ciclos de operación y secuencia de arranque de los compresores. -Debido al desarrollo especial, unido a conceptos y normalizaciones personalizadas, es que los colectores son instalados solamente en sistemas de fabricación seriada. Las figuras 4, 5, 6, 7 Y 8 muestran algunas de las posibilidades para trabajar con colectores de succión optimizados.

#### **4.5 Sistema regulador del nivel de aceite**

Con este sistema se obtiene una distribución de aceite casi perfecta. El aceite se recoge con el separador de aceite y se lo conduce a un reservorio (cámara) y se lo distribuye a los compresores por reguladores de nivel de aceite (flotadores figura 9), de acuerdo con la necesidad de aceite de cada compresor.

El reservorio de aceite es mantenido a una presión de 1,4 bar por sobre la presión de succión o de presión intermedia en instalaciones con compresores de doble etapa, a través de una válvula de diferencial de presión, asegurando una provisión de aceite eficaz.

Este tipo de sistema regulador de nivel de aceite también puede ser aplicado con éxito en "racks" del tipo "split" (succión dividida y descarga única) y también del tipo "booster" (compresores montados en serie)

#### **4.6 Retorno de aceite con reguladores de nivel de aceite electromecánicos y separador y cámara de aceite**

Este nuevo tipo de sistema consiste en utilizar válvulas electromecánicas reguladoras del nivel de aceite del carter a través del aceite proveniente del "separador & reservorio. Es posible también utilizar en este tipo de sistema algunos reguladores de nivel de aceite "mecánicos", igual al de la figura 9, sin embargo debemos reducir la presión del aceite a través de una válvula reguladora de presión instalada antes de los reguladores de nivel de aceite. Es importante observar esta recomendación, caso contrario se podrá sobrepasar la presión máxima de trabajo (close-off) del regulador y el aceite podrá entrar en exceso en el carter del compresor.

#### **4.7 Algunas ventajas del sistema de alta presión utilizando reguladores de nivel de aceite electromecánicos:**

Evita el problema de la "espumación" del aceite ocasionado por las válvulas mecánicas debido a la inercia de inyección ya que las válvulas electromecánicas son intermitentes, inyectan el aceite en la medida cierta a intervalos de 5 segundos.

Los reguladores electromecánicos de nivel de aceite aseguran una total protección contra el bajo nivel de aceite apagando los compresores, principalmente aquellos que no trabajan con lubricación forzada (bomba de aceite) donde no existe la posibilidad de agregar un presostato de aceite.

El "rack" se hace más compacto, pues en ese caso el separador y la cámara de aceite pasan a ser una única pieza, eliminando los tubos de retorno de aceite, visor y posibles traspasos del separador para la cámara en el sistema de baja presión.

Elimina los problemas ocasionados con los flotadores de los separadores de aceite porque el separador y la cámara no trabajan con flotador y la separación del aceite se hace por choque molecular, cambio de dirección del gas, centrifugación y coalescencia. Así se asegura una completa separación del aceite y el gas.

Elimina los problemas de la máxima presión (close-off) admitidos por las válvulas mecánicas debido a que las electromecánicas trabajan con un diferencial de presión bastante superior, así evitará inundaciones de aceite a los cárteres de los compresores.

**Figura 13: Proyecto del colector de descarga con separado & cámara de aceite y reguladores de nivel de aceite (Sistema de alta presión)**

