



materiales didácticos de aula
formación profesional específica



Cuadernos de taller

Prueba de estanqueidad

Efrén Andrés Díaz



Índice

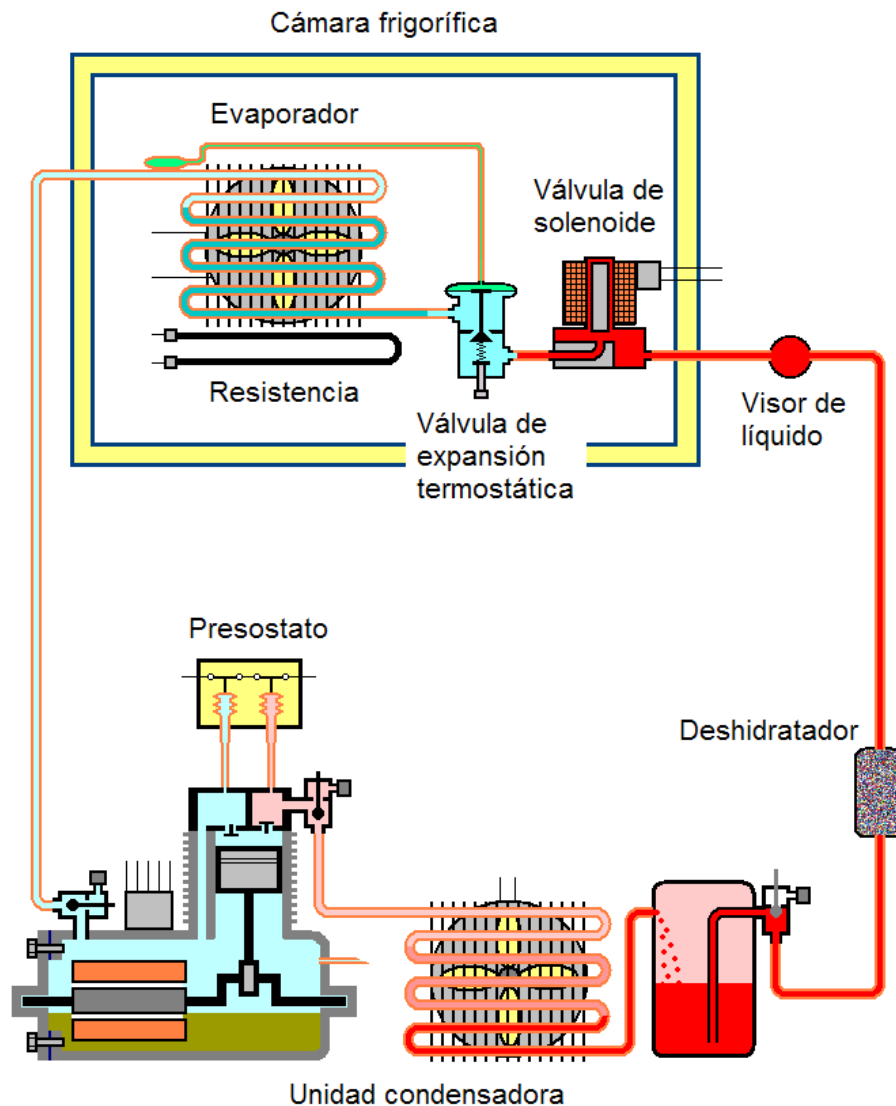
	Página
Introducción	2
Prueba de estanqueidad	3
1. Útiles y herramientas para la prueba de estanqueidad	3
1.1. Botella de nitrógeno	3
1.2. Manómetro y mangueras para prueba de estanqueidad	4
1.3. Llave de carraca	4
1.4. Agua jabonosa	4
1.5. Imán para válvula de solenoide	5
2. Realización de la prueba de estanqueidad	6
2.1. Fases de la prueba de estanqueidad	6
2.1.1. Detección de grandes fugas	6
2.1.2. Prueba de estanqueidad a la presión reglamentaria	7
2.1.3. Prueba de estanqueidad tras la colocación de los instrumentos de medida y regulación	10
Apéndice. Normativa	12

Introducción

Este cuadernillo forma parte de una serie que abarca las distintas fases de construcción de una instalación frigorífica de tipo medio, desde el montaje de la cámara de panelable hasta su puesta en marcha. Están destinados al aprendizaje del alumnado de Formación Profesional de los ciclos relacionados con la refrigeración comercial e industrial, centrándose principalmente en los trabajos de taller.

La instalación a la que se refieren los cuadernillos está constituida por los elementos que pueden verse en la figura adjunta, cuyas características generales son:

- Unidad condensadora con compresor semihermético y condensador enfriado por aire.
- Evaporador dinámico con sistema de desescarche por resistencias eléctricas.
- Sistema de expansión por medio de válvula termostática.
- Carga de refrigerante comprendida entre los 2,5 kg y los 10 kg
- Tipo de refrigerante: R-134a o R-404A.



Prueba de estanqueidad

Una vez unidos todos los componentes mediante tuberías, es necesario comprobar que la instalación es completamente estanca, pues de lo contrario el refrigerante saldría al exterior y la máquina perdería su capacidad de producir frío.

La prueba de estanqueidad consiste en introducir un gas inerte —en nuestro caso nitrógeno— en el interior de la instalación a una presión suficiente que permita comprobar la existencia de fugas.

1. Útiles y herramientas para la prueba de estanqueidad

Los útiles a utilizar en esta prueba son los siguientes:

- Botella de nitrógeno
- Manómetro y mangueras para prueba de estanqueidad (2 juegos)
- Llave de carraca
- Agua jabonosa
- Imán para válvula de solenoide

1.1. Botella de nitrógeno

El nitrógeno se almacena a presión en botellas de distintas capacidades, las cuales se identifican por ser íntegramente de color negro (figura 1-A). Cuentan con una válvula de salida del gas a la cual se conecta un manorreductor (figura 1-B), similar a los utilizados en soldadura oxiacetilénica, cuya función es reducir y regular su presión de salida. El manorreductor cuenta con dos manómetros: el de mayor amplitud (en torno a 300 bar) mide la presión reinante en el interior de la botella; el de menor amplitud (en torno a 40 bar) mide la presión de salida. El giro de la maneta de regulación permite controlar la presión de salida al valor deseado.

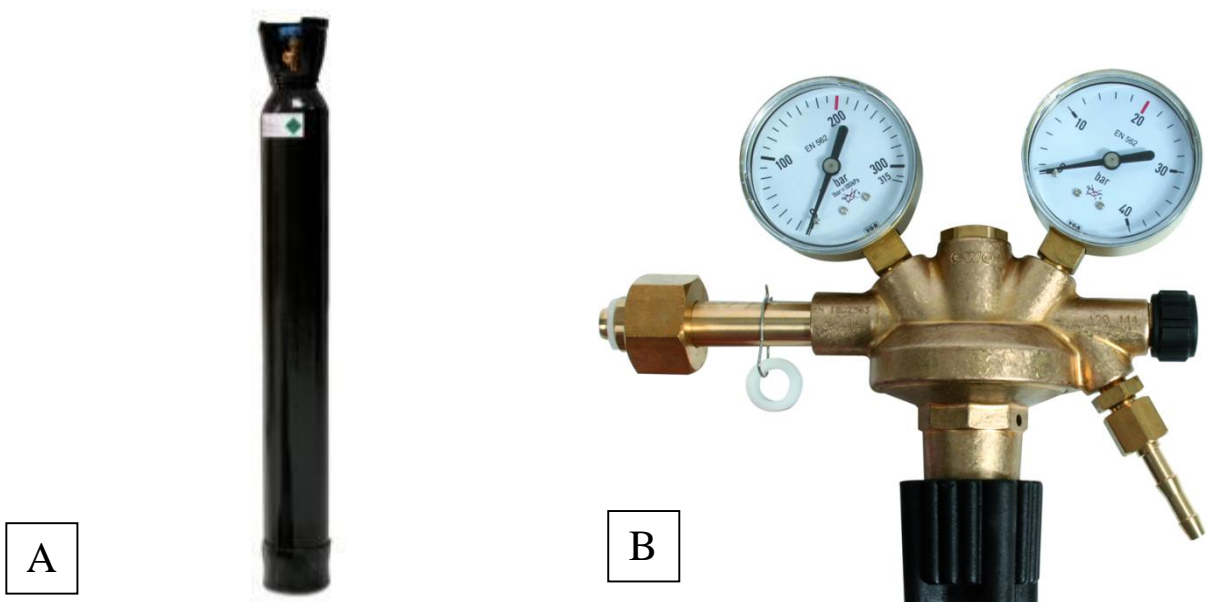


Figura 1. A) Botella de nitrógeno. B) Manorreductor.

1.2. Manómetro y mangueras para prueba de estanqueidad

Para efectuar la prueba de estanqueidad existen en el mercado dispositivos como el que muestra la figura 2, consistentes en un conjunto de mangueras provistas de racores para la conexión a la botella de nitrógeno y a las válvulas de servicio de la instalación, así como de un manómetro con la amplitud necesaria para efectuar dicha prueba. La llave de paso permite cerrar la manguera y retirar la botella una vez introducido el nitrógeno en la instalación.

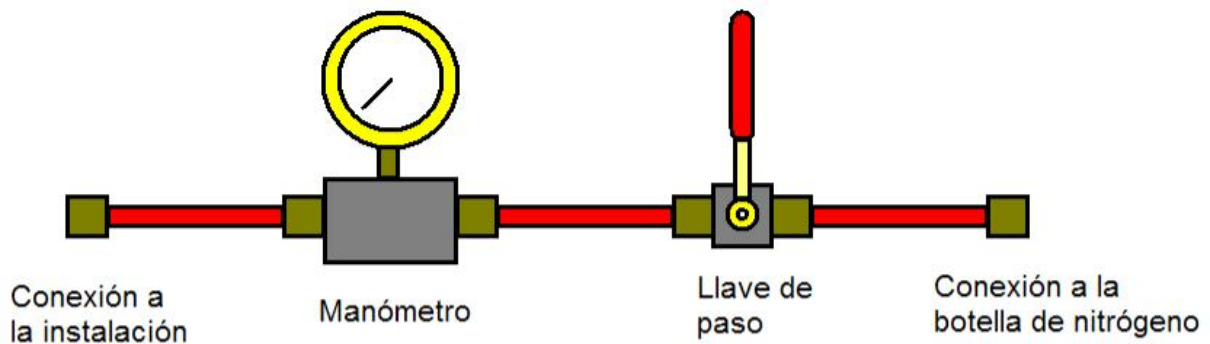


Figura 2. Manómetro y mangueras para prueba de estanqueidad.

Con el fin de poder introducir el nitrógeno en los sectores de alta y baja presión, como se verá más adelante, es conveniente disponer de dos de estos dispositivos.

1.3. Llave de carraca

Se utiliza para actuar sobre las válvulas de servicio de la unidad condensadora o sobre las válvulas de algunas botellas de refrigerante (figura 3). Tiene un agujero cuadrado que encaja con la cabeza de la válvula. Esta llave permite transmitir la fuerza de apriete en un sentido mientras que patina en el sentido contrario, emitiendo un característico ruido de carraca. Dispone de un dispositivo que permite cambiar el sentido de la fuerza de apriete.



Figura 3. Llave de carraca.

1.4. Agua jabonosa

El agua jabonosa tiene mucha aceptación como sistema de detección, ya que permite visualizar claramente el lugar exacto en el que se está produciendo la fuga.

El agua jabonosa puede hacerse fácilmente en una proporción de 50% de agua, 40% de jabón líquido y 10% de glicerina (se vende en farmacias), pudiendo sustituirse este último ingrediente por azúcar. Una vez obtenida la mezcla, se agita lo suficiente como para que se forme espuma en su superficie. Con un pincel se toma un poco de espuma y se deposita en la zona sospechosa de fuga; caso de haberla, se formarán al instante burbujas, señal inequívoca de su existencia.

El agua jabonosa se comercializa también en forma de aerosoles, que permiten su aplicación de forma cómoda y rápida (figura 4).



Figura 4. Detector de fugas de agua jabonosa y ejemplo de aplicación.

1.5. Imán para válvula de solenoide

Para asegurar que la válvula de solenoide permanezca abierta durante toda la operación, es recomendable sustituir su bobina eléctrica por un imán (figura 5). Hay que tener en cuenta que si la válvula permanece cerrada puede impedir el paso del gas a presión durante la prueba de estanqueidad.



Figura 5. Imán y bobina eléctrica de una válvula de solenoide.

2. Realización de la prueba de estanqueidad

Para efectuar la prueba en una instalación como la que nos ocupa, es conveniente tener la seguridad de que toda ella va a estar sometida a la presión de prueba. Una instalación frigorífica como la que nos ocupa tiene dos sectores claramente diferenciados: el sector de alta presión, que va desde la válvula de descarga del compresor hasta la válvula de expansión termostática, y el de baja presión, que va desde la válvula de expansión termostática hasta la válvula de aspiración del compresor. Si el nitrógeno se introduce solo en uno de los sectores, por ejemplo el de alta presión, no podremos tener la seguridad de que se introduce también en el otro sector, el de baja presión, ya que las válvulas del compresor y la válvula de expansión podrían impedir el paso del nitrógeno de uno a otro sector.

Así, pues, para asegurarnos de que toda la instalación está sometida a la presión de prueba, introduciremos el nitrógeno en el sector de alta presión, al tiempo que comprobamos que la presión en el sector de baja sube y se iguala con la del sector de alta; de no ser así, habrá que introducir el nitrógeno también por el sector de baja.

2.1. Fases de la prueba de estanqueidad

Realizaremos la prueba de estanqueidad en tres fases, las cuales se describen a continuación:

Fase 1: Detección de grandes fugas. Esta primera fase tiene como objetivo localizar grandes fugas detectables con el oído, como pueden ser las originadas por una manguera suelta, una unión roscada sin apretar, un orificio importante en una soldadura, etc. Consiste simplemente en introducir el nitrógeno a una presión relativamente baja (1,5 bar) y aplicar el oído para detectar las posibles fugas.

Fase 2: Prueba de estanqueidad a la presión reglamentaria. En esta segunda fase se introduce el nitrógeno a la presión establecida en el *Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas*.

Fase 3: Prueba de estanqueidad posterior a la instalación de los instrumentos de medida y regulación. Algunos instrumentos de medida y regulación no soportan las altas presiones de la prueba de estanqueidad, por lo que deben ser instalados después de dicha prueba. Una vez instalados, debemos asegurarnos de que su instalación no presenta fugas, para lo cual se efectúa esta tercera prueba solo en la conexión de dichos instrumentos y a una presión que pueda ser soportada por ellos.

2.1.1. Detección de grandes fugas

El procedimiento a seguir en esta primera fase es el siguiente (figura 6):

1. Sustituye la bobina de la válvula de solenoide por un imán que la mantenga abierta durante toda la operación.
2. Conecta los dos manómetros, uno a la válvula de servicio del recipiente de líquido (alta presión) y el otro a la válvula de servicio del compresor (baja presión).
3. Asegúrate de que las llaves de paso de ambos manómetros están cerradas.
4. Asegúrate de que las válvulas de servicio a las que están conectados los manómetros están en posición intermedia (girar el obturador a tope en sentido antihorario y a continuación girar un par de vueltas en sentido horario).
5. Conecta el manómetro de alta presión al manorreductor de la botella de nitrógeno.

6. Antes de abrir la válvula de la botella de nitrógeno comprueba que el mando del manorreductor está aflojado a tope y que sus dos manómetros marcan una presión de 0 bar. Comprueba también que la válvula de salida está cerrada.
7. Abre ahora la válvula de la botella de nitrógeno. Comprobarás que uno de los manómetros del manorreductor marcará la presión reinante en el interior de la botella.
8. Actuando sobre el manorreductor, regula ahora la presión de salida (inicialmente 1,5 bar); esta presión podrás leerla en el segundo manómetro del manorreductor.
9. Abre ahora con suavidad la llave de paso del manómetro para permitir que el nitrógeno se introduzca en la instalación. Durante esta operación es necesario estar al tanto de posibles fugas detectables con el oído, pues, de existir, nos obligaría a detener la operación y reparar las fugas antes de seguir adelante.
10. Una vez alcanzados 1,5 bar, cierra la llave de paso del manómetro.
11. Comprueba si el manómetro de baja presión señala también 1,5 bar. Si es así, se puede dar por finalizada la primera fase de la prueba. De no hacerlo, deberás introducir nitrógeno también a través de la toma de baja presión; para ello, cierra la botella de nitrógeno, afloja el mando del manorreductor, desconecta la manguera de la botella y conéctala en la toma del manómetro de baja presión. Repite los pasos desde el punto 6 hasta el punto 10.
12. Una vez que ambos manómetros marcan la misma presión, si no se han detectado fugas importantes, perceptibles con el oído, se puede dar por concluida esta fase de la prueba.

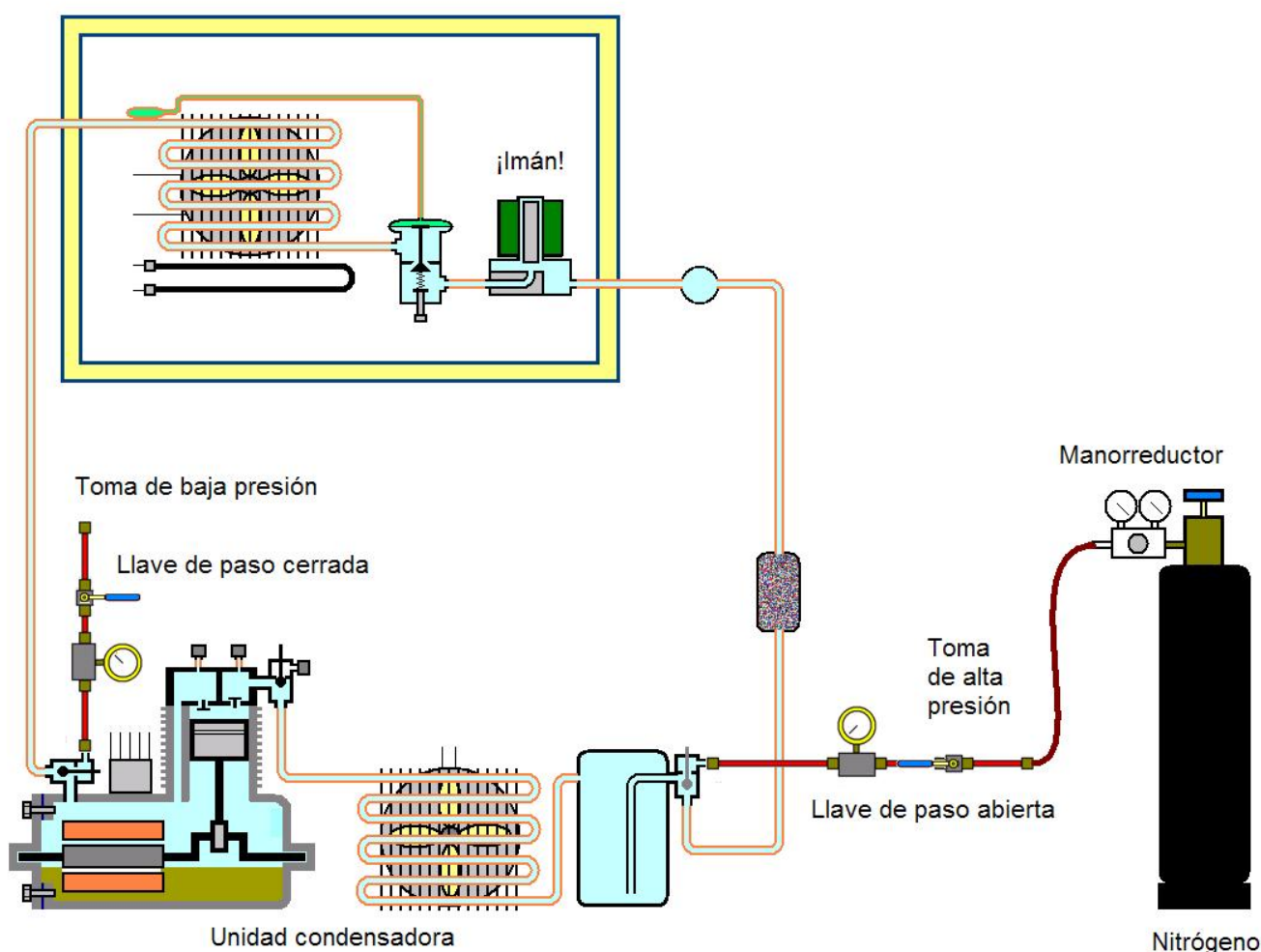


Figura 6. Carga de nitrógeno para prueba de estanqueidad.

2.1.2. Prueba de estanqueidad a la presión reglamentaria

Una vez comprobado que no existen grandes fugas en la instalación, es el momento de introducir la presión de prueba, la cual dependerá del tipo de refrigerante con el que trabaje y de la zona climática en la que se encuentre.

Para la zona climática de Asturias (lugar en el que suponemos ubicada la instalación), la presión de prueba en el sector de alta presión estará comprendida entre 0,9 y 1,0 veces el valor de la presión de saturación del refrigerante a la temperatura de 55 °C. Para el sector de baja, la presión de prueba podrá reducirse a la de saturación correspondiente a 27 °C si el evaporador no está expuesto a la temperatura exterior, como es nuestro caso.

Puesto que la instalación que estamos considerando carece de llaves que aislen claramente los sectores de alta y baja presión, se hace necesario realizar la prueba a una única presión, sin distinción de dichos sectores.

La presión de prueba que aplicaremos será la indicada en la última columna de la tabla 1, obtenida esta al multiplicar por 0,9 la presión de saturación correspondiente a la temperatura de 55 °C y descontando 1 bar para obtener la presión manométrica.

Refrigerante	Sector	Temperatura máxima	Presión de saturación (absoluta)	Presión de prueba (manométrica)
R-134a	Alta presión	55° C	14'914 bar	12 bar
	Baja presión	27° C		
R-404A	Alta presión	55° C	25,773 bar	23 bar
	Baja presión	27° C		

Tabla 1. Presiones para la prueba de estanqueidad.

Para realización de la prueba de estanqueidad en esta segunda fase, repetiremos los pasos del 5 al 11 de la fase 1, considerando que ahora la presión a regular en el manorreductor de la botella de nitrógeno, y que deberá ser leída en los manómetros de la prueba, ha de ser:

- 12 bar si el refrigerante es R-134a
- 23 bar si el refrigerante es R-404A

En todo caso, la introducción del nitrógeno ha de ser lenta, con el fin de detectar posibles fugas perceptibles con el oído.

Una vez alcanzada y estabilizada la presión de prueba, es necesario que se mantenga invariable. En nuestro caso, para mayor seguridad, dejaremos la instalación con la presión de prueba hasta el día siguiente.

La bajada sensible de la presión durante ese tiempo será síntoma de que existen fugas, las cuales pueden presentarse en cualquier unión soldada o roscada de la instalación. En particular, son susceptibles de fuga los puntos indicados en la tabla 2 y su correspondiente figura 7. Su detección se llevará a cabo mediante agua jabonosa.

Puntos	Descripción
1	Todos los racores y uniones roscadas del dispositivo utilizado para introducir nitrógeno (racores, manómetro y llave de paso).
2	Tapones y prensaestopas de las válvulas de servicio del compresor y del recipiente de líquido.
3	Conexiones para los presostatos.
4	Juntas y uniones en la carcasa y la culata del compresor.
5	Accesorios intercalados en las tuberías mediante uniones roscadas o soldadas.

Tabla 2. Puntos susceptibles de fuga.

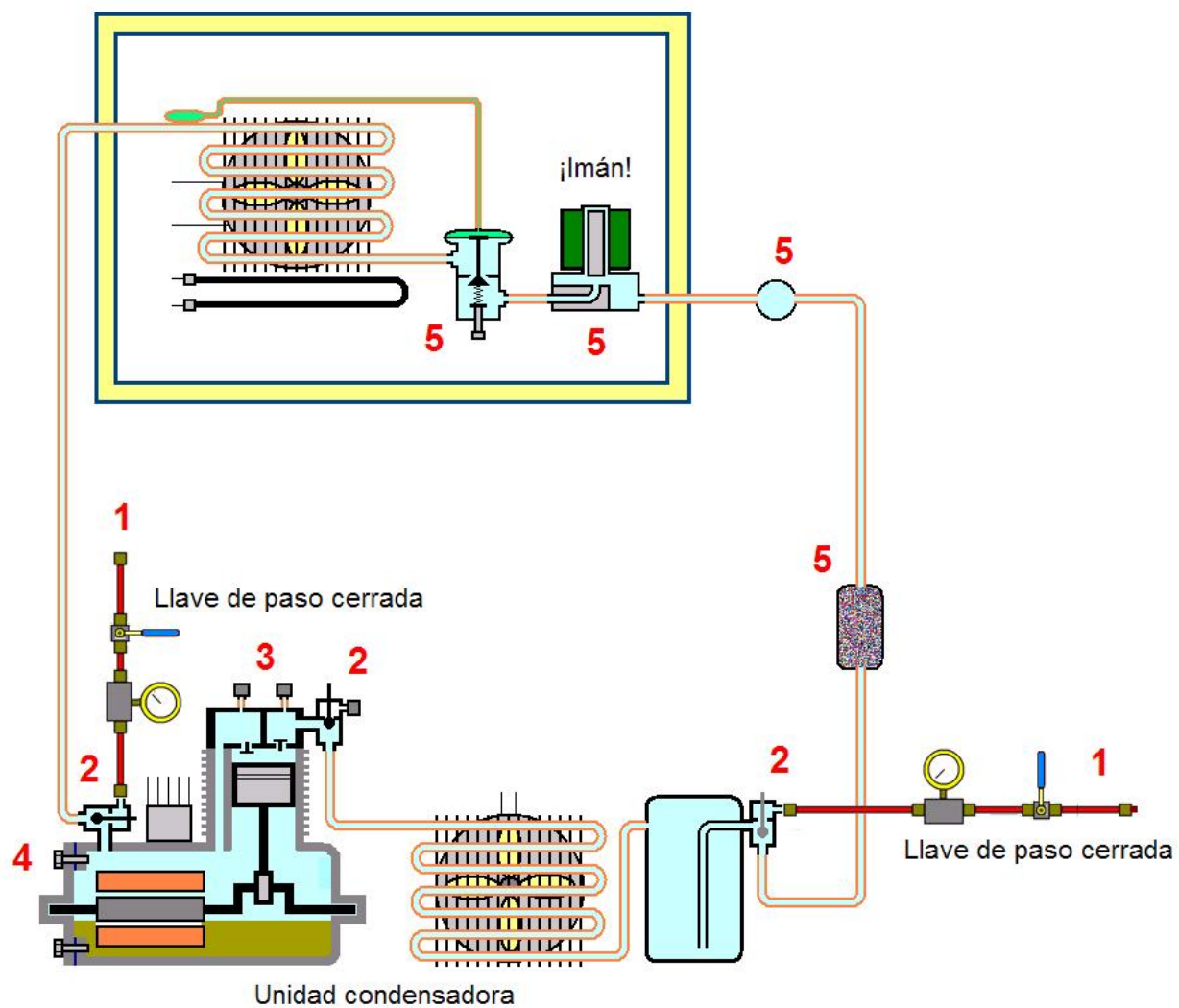


Figura 7. Puntos susceptibles de fuga.

2.1.3. Prueba de estanqueidad tras la colocación de los instrumentos de medida y regulación

Una vez comprobada la estanqueidad a la presión de prueba, es el momento de instalar los presostatos de alta y baja presión (en nuestro caso se trata de un presostato combinado), los cuales han permanecido excluidos de la prueba para evitar que una sobrepresión que pudieran deteriorarlos, en particular el presostato de baja (los prospectos de los presostatos suelen informar de la presión máxima que soportan).

Se instalarán también los instrumentos de medida de presión. En nuestro caso esta "instalación" se limitará a conectar o mantener conectado el puente de manómetros, el cual será utilizado durante las posteriores operaciones de carga de refrigerante y puesta en marcha.

En esta tercera fase, la prueba se realizará en los siguientes pasos:

1. Abriendo lentamente las llaves de paso de los manómetros de carga de nitrógeno, dejar salir el gas poco a poco hasta que la presión en los manómetros descienda hasta 0 bar.
2. Desconectar los manómetros de carga de nitrógeno y conectar en su lugar las mangueras del puente de manómetros: la azul a la válvula de servicio de baja presión y la roja a la válvula de servicio del recipiente de líquido, según se indica en la figura 8.

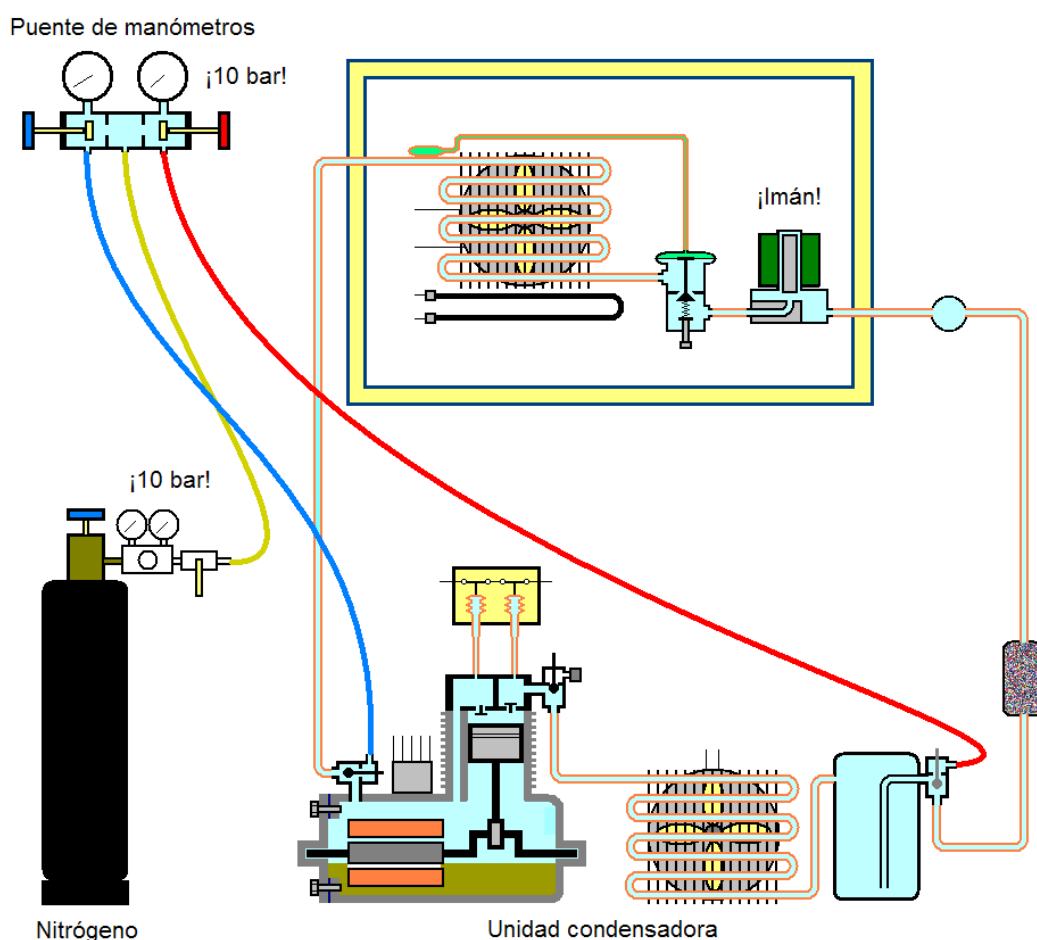


Figura 8. Prueba de estanqueidad de la conexión del presostato y del puente de manómetros.

1. Conectar la manguera amarilla del puente de manómetros a la botella de nitrógeno.
2. Asegurarse de que los grifos del puente de manómetros están cerrados.
3. Regular una presión de 10 bar en el manorreductor de la botella de nitrógeno.
4. Abrir lentamente los grifos del puente de manómetros y dejar que el nitrógeno se introduzca en los sectores de alta y baja presión de la instalación.
5. Una vez que los manómetros del puente señalen y se estabilicen en 10 bar, cerrar los grifos del puente de manómetros.
6. Cerrar la válvula de la botella de nitrógeno.
7. Aflojar el manorreductor de la botella de nitrógeno.
8. Retirar con cuidado la manguera amarilla de la botella de nitrógeno.
9. Dejar la instalación sometida a una presión de 10 bar al menos 1 hora. Es aconsejable, si es posible, dejarla en esa situación hasta el día siguiente, con el fin de asegurarnos de la presencia o no de posibles fugas.

En esta fase de la prueba son susceptibles de fuga los puntos indicados en la figura 9 y su correspondiente tabla 3.

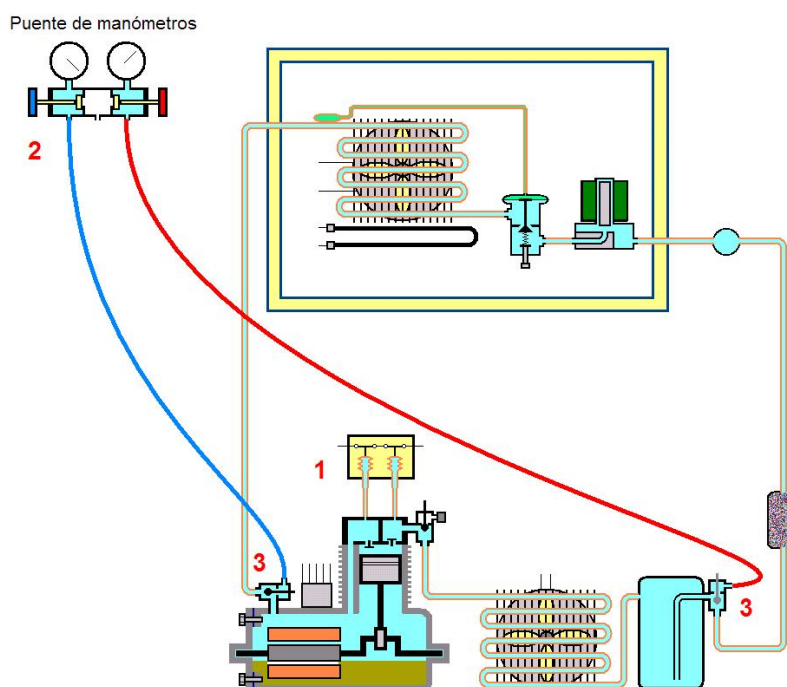


Figura 9. Puntos susceptibles de fuga.

Puntos	Descripción
1	Conexiones de los presostatos.
2	Todas las conexiones del puente de manómetros así como los prensaestopas de los grifos.
3	Conexión de las mangueras del puente a las válvulas de servicio de la instalación.

Tabla 3. Puntos susceptibles de fuga tras la instalación de los presostatos.

Apéndice. Normativa

Este apartado contiene extractos de las normas vigentes relacionados con el tema de este cuadernillo. En especial se citan fragmentos del *Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas* publicado en el Boletín Oficial del Estado del 4 de febrero de 2011.

Respecto a la prueba de estanqueidad, dicho Reglamento dice lo siguiente:

El sistema de refrigeración deberá ser sometido a una prueba de estanquidad bien como conjunto o por sectores. La presión de la prueba será la indicada en la tabla 2 de la IF-06 y podrá realizarse antes de salir el equipo de fábrica, si el montaje se realiza en ésta, o bien *in situ*, si el montaje o la carga de refrigerante se hace en el lugar de emplazamiento.

Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas
Instrucción Técnica IF-09
Apartado 1.4.1

La tabla 2 a la que hace referencia el Reglamento es la que se muestra a continuación:

Tabla 2. Relaciones entre las diversas presiones y la máxima admisible (PS)

Presión de diseño	$\geq 1,0 \times PS$
Presión de prueba de resistencia	Para los componentes prueba hidráulica con $P_p = 1,43 \times PS$ ó pruebas admitidas por UNE EN 378-2. Para los conjuntos según las categorías de tubería (véase 1.3 de MI-IF 09)
Presión de prueba de estanquidad	$\geq 0,9 PS$ y $\leq 1,0 \times PS$
Ajuste del dispositivo limitador de presión (instalación o sistema con dispositivo de alivio)	$\leq 0,9 \times PS$
Ajuste del dispositivo limitador de presión (instalación o sistema sin dispositivo de alivio)	$\leq 1,0 \times PS$
Ajuste del dispositivo de alivio de presión	$\leq 1,0 \times PS$
Presión máxima de descarga para la capacidad nominal de la válvula de seguridad	$\leq 1,1 \times PS$

Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas
Instrucción Técnica IF-06
Apartado 1.4.1

La presión máxima admisible (PS) viene indicada en la tabla 1 de la misma instrucción técnica:

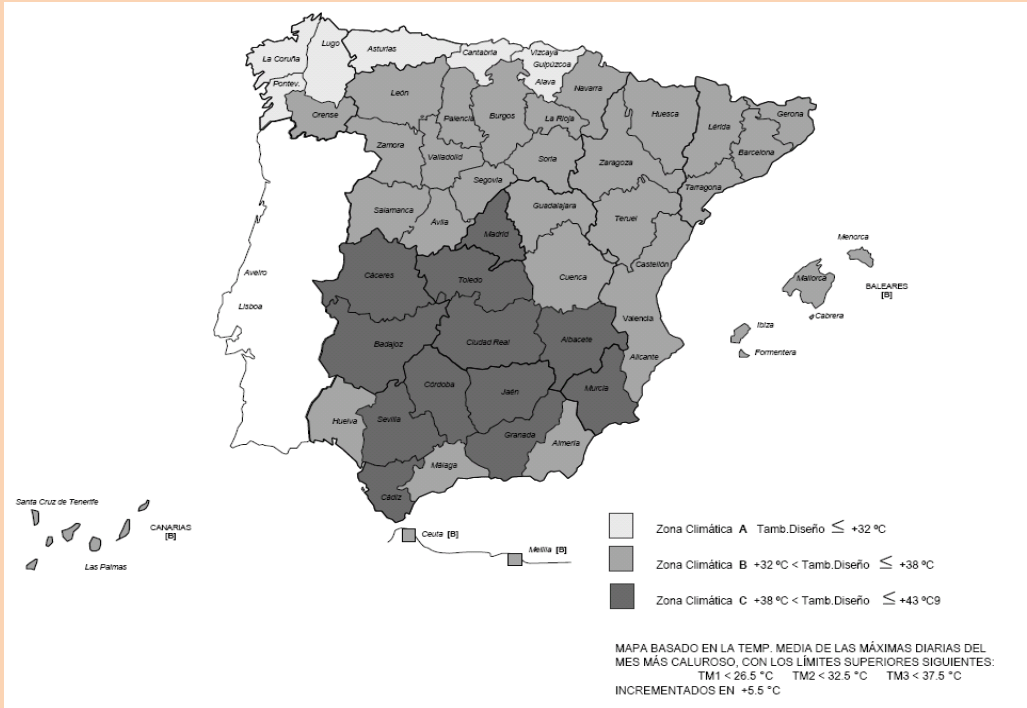
El valor mínimo para la presión máxima admisible se determinará de acuerdo con la presión de saturación del refrigerante para las temperaturas mínimas de diseño especificadas en la tabla 1.

Tabla 1. Temperaturas de referencia para el diseño.

CONDICIONES AMBIENTALES	$t \leq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$	$32^{\circ}\text{C} < t \leq 38^{\circ}\text{C}$	$38^{\circ}\text{C} < t \leq 43\text{ }^{\circ}\text{C}$
Sector de alta presión con condensador enfriado por aire	55 °C	59 °C	63 °C
Sector de alta presión con condensador refrigerado por líquido	Máxima temperatura de salida del líquido +13 K		
Sector alta presión con condensador evaporativo	48 °C	48 °C	48 °C
Sector de baja presión con intercambiador expuesto a temperatura ambiente	32 °C	38 °C	43 °C
Sector de baja presión con intercambiador expuesto a temperatura interior	27 °C	33 °C	38 °C

Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas
Instrucción Técnica IF-06
Apartado 1.2

Las temperaturas de la tabla anterior se refieren a la zona climática en la que se ubicará la instalación:



Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas
Instrucción Técnica IF-06
Apéndice 1