

<b>DOCUMENTACION</b>	<b>Climatización</b> CALCULO DE VASOS DE EXPANSION	<b>Instrucción</b> <b>UNE</b> <b>100-155-88</b>
----------------------	---	---

**1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION**

Esta instrucción tiene por objeto establecer el procedimiento a seguir para el cálculo de los sistemas de expansión de las redes de distribución de un fluido caloportador (agua o solución de agua y etileno-glicol) en circuito cerrado, aplicadas a sistemas de climatización, hasta una temperatura de 210 °C.

**2 NORMAS PARA CONSULTA**

UNE 100-000<sup>1)</sup> - *Climatización. Terminología.*

UNE 100-154<sup>1)</sup> - *Climatización. Cálculo de sistemas de expansión.*

**3 SIMBOLOS, UNIDADES Y DEFINICIONES**

Símbolo	Unidad	Definición
$C_e$	adimensional	coeficiente de dilatación del fluido
$C_p$	adimensional	coeficiente de presión del gas
$f_c$	adimensional	factor de corrección
$G$	% en volumen	porcentaje de glicol etilénico en agua
$P_{Vs}$	bar (rel.)	presión de tarado de la válvula de seguridad
$P_i$	bar (abs.)	presión inicial en el vaso
$P_m$	bar (abs.)	presión mínima en el vaso
$P_M$	bar (abs.)	presión máxima en el vaso
$t$	°C	temperatura máxima de funcionamiento del agua en el circuito
$V$	litros	contenido total de agua en el circuito
$V_u$	litros	volumen útil del vaso de expansión
$V_t$	litros	volumen total del vaso de expansión

NOTAS:

- (rel.) significa presión relativa (o manométrica)
- (abs.) significa presión absoluta
- 1 bar = 100 000 Pa (aproximadamente igual a 1 atmósfera)

1) Actualmente en elaboración

*Continúa en páginas 2 a 8*

Secretaría del CTN AFEC	Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas a AENOR - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid	
-------------------------------	---	--

UNE 100-155-88

Air conditioning. Expansion tanks. Design criteria.  
Conditionnement d'air. Vases d'expansion. Principes de projet.

Depósito legal: M 5316-88

Imprime y edita: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid - Teléfono 4 10 49 61 - Reproducción prohibida

#### 4 GENERALIDADES

El sistema de expansión tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador contenido en un circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos e impidiendo, al mismo tiempo, pérdidas y reposiciones de la masa de fluido.

Los sistemas de expansión pueden clasificarse según lo indicado en la norma UNE 100-154.

Los límites de trabajo de un depósito a presión en cuanto se refiere a presión y temperatura serán establecidos por el fabricante del mismo.

#### 5 COEFICIENTE DE EXPANSION

El coeficiente de expansión del agua entre la temperatura de 4 °C, a la que corresponde el volumen específico mínimo, y la temperatura máxima de funcionamiento del sistema puede expresarse teóricamente mediante la siguiente relación (válida hasta 210 °C):

$$C_e = \frac{1\,000}{f(t)} - 1 \quad (1)$$

donde la función de la temperatura del denominador puede expresarse mediante un polinomio de cuarto orden:

$$f(t) = 999,831 - 1,23956 \times 10^{-2} \times t + 6,00584 \times 10^{-3} \times t^2 + -1,97359 \times 10^{-5} \times t^3 + 4,80021 \times 10^{-8} \times t^4 \quad (2)$$

con un error percentual máximo inferior al 1%.

Sin embargo, al aumentar la temperatura el aumento del volumen de agua se acompaña a un aumento del volumen disponible, debido a la dilatación simultánea de los componentes del circuito (tuberías, generadores, unidades terminales, etc.). Para tener en cuenta este hecho, la variación neta del volumen de agua, que debe ser absorbida por el sistema de expansión, puede expresarse mediante las siguientes fórmulas:

- para temperaturas desde 30 °C hasta 70 °C (ambas incluidas):

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \times t + 0,0036 \times t^2) \times 10^{-3} \quad (3)$$

- para temperaturas desde 70 °C hasta 140 °C (ambas excluidas):

$$C_e = (-33,48 + 0,738 \times t) \times 10^{-3} \quad (4)$$

- para temperaturas desde 140 °C hasta 210 °C (ambas incluidas):

$$C_e = (-95 + 1,2 \times t) \times 10^{-3} \quad (5)$$

Otra fórmula, válida entre las temperaturas de 30 °C y 120 °C, ambas incluidas, puede usarse como alternativa a las anteriores:

$$C_e = (3,24 \times t^2 + 102,13 \times t - 2\,708,3) \times 10^{-6} \quad (6)$$

Cuando el fluido caloportador sea una solución de glicol etilénico en agua, el coeficiente de expansión  $C_e$  deberá multiplicarse por el siguiente factor de corrección:

$$f_c = a \times (1,8 \times t + 32)^b \quad (7)$$

donde

$$a = -0,0134 \times (G^2 - 143,8 \times G + 1\,918,2) \quad (8)$$

$$b = 3,5 \times 10^{-4} \times (G^2 - 94,57 \times G + 500) \quad (9)$$

válido para un contenido de glicol etilénico entre el 20% y el 50% en volumen y para temperaturas de 65 °C hasta 115 °C.

El coeficiente de expansión es siempre positivo y menor que la unidad y representa, obviamente, la relación entre el volumen útil del VE, que debe ser igual al volumen de fluido expandido, y el volumen de fluido contenido en la instalación:

$$C_e = V_u / V \quad (10)$$

## 6 COEFICIENTE DE PRESION

El coeficiente de presión para el cálculo del volumen total de los VEs cerrados sin trasiego de fluido al exterior del sistema se halla partiendo de la ecuación de estado para gases perfectos, considerando que la variación de volumen tenga lugar a temperatura constante (ley de Boyle y Mariotte). Este coeficiente, positivo y mayor que la unidad, representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del VE:

$$C_p = V_t / V_u \quad (11)$$

Escribiendo dos veces la ecuación de estado, con agua a los niveles mínimos y máximo respectivamente, se obtiene, después de simplificar:

en el caso de VEs *sin diafragma* (fig. 3):

$$C_p = \frac{P_m \times P_M}{P_i \times (P_M - P_m)} \quad (12)$$

en el caso de VEs *con diafragma* (fig. 2):

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} \quad (13)$$

que corresponde a la ecuación (12) cuando en ésta se igualen las presiones inicial y mínima, lógicamente.

## 7 VASOS DE EXPANSION ABIERTOS

Para VEs con la superficie de agua en contacto con la atmósfera (fig. 1), el volumen neto de almacenamiento se calculará mediante la expresión (véase ecuación 10):

$$V_u = V \times C_e \quad (14)$$

La cota de emplazamiento del VE se elegirá de manera que, en cualquier punto del circuito y con cualquier régimen de funcionamiento de la (s) bomba (s) de circulación, exista una sobrepresión de al menos 0,15 bar por encima de la presión atmosférica. Se asegura de esta manera que por ninguna unión pueda entrar aire en el circuito.

Cuando el VE esté conectado en la aspiración de la (s) bomba (s), esta condición se cumple situando el depósito 1,5 metros aproximadamente por encima del punto geoméricamente más elevado del circuito.

El cálculo de un VE abierto procede siguiendo los siguientes pasos:

- Se calcula el volumen total de agua contenido en el circuito (tuberías, generadores, unidades terminales, etc.), haciendo uso de datos suministrados por los fabricantes.
- Se determina la temperatura máxima de funcionamiento del sistema. En caso de circuitos de agua caliente, esta temperatura será la media entre las temperaturas de impulsión y de retorno. En caso de circuitos de agua refrigerada, se adoptará la temperatura máxima que se prevea pueda alcanzar el sistema cuando esté parado, con un mínimo de 30 °C para redes en el interior de edificios y de 40 °C para redes situadas al exterior.
- Se calcula el coeficiente de expansión con una de las fórmulas (3) (4) o (6), según la temperatura máxima de funcionamiento del sistema.

El volumen total del VE se calculará sumando al volumen útil calculado con la (14) el volumen ocupado por el agua desde su nivel mínimo hasta el fondo del depósito y el volumen necesario para el alojamiento del rebosadero-respiradero y, eventualmente, de la válvula de acometida por encima del nivel máximo (fig. 1).

En cualquier caso, el volumen total del VE será igual, al menos, al 6% del volumen total de agua en la instalación:

$$V_t = 0,06 \times V \quad (15)$$

## 8 VASOS DE EXPANSION CERRADOS

Para un VE cerrado, con fluido en contacto directo (sin diafragma) o indirecto (con diafragma) con un gas presurizado, el volumen total del vaso se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$V_t = V \times C_e \times C_p \quad (16)$$

que se obtiene de las fórmulas (10) y (11).

La presión mínima de funcionamiento en el VE se elegirá de manera que, en cualquier punto del circuito y con cualquier régimen de funcionamiento de la (s) bomba (s) de circulación, la presión existente sea superior a la presión atmosférica o a la tensión de saturación del vapor de agua a la máxima temperatura de funcionamiento, la mayor entre las dos.

En particular, la *presión mínima* en el vaso deberá ser tal que se eviten fenómenos de cavitación en la aspiración de la (s) bomba (s); para ello, deberá comprobarse que el NPSH disponible en el lugar de emplazamiento de la (s) bomba (s) sea superior al NPSH requerido por el fabricante de la (s) misma (s) (véase definición de NPSH en la norma UNE 100-000).

En cualquier caso, deberá tomarse un margen de seguridad, tanto mayor cuanto más elevada sea la temperatura de funcionamiento, con un mínimo de 0,2 bar para sistemas a temperaturas inferiores a 90 °C y de 0,5 bar para sistemas a temperaturas superiores.

La *presión máxima* de funcionamiento será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad, que, a su vez, será inferior a la menor entre las presiones máximas de trabajo, a la temperatura

de funcionamiento, de los equipos y aparatos que forman parte del circuito; se elegirá el menor entre los siguientes valores:

$$P_M = 0,9 \times P_{Vs} + 1 \quad (\text{es el } 10\% \text{ menor que } P_{Vs})$$

$$P_M = P_{Vs} + 0,65 \quad (\text{es el } 0,35 \text{ bar menor que } P_{Vs})$$

Naturalmente, las presiones mínima y máxima, establecidas como se ha indicado arriba, deberán ser corregidas de acuerdo a la *altura geométrica del emplazamiento* del vaso de expansión.

La *presión inicial*, que entra en juego en VEs sin diafragma, será igual, en general, a la presión atmosférica ( $P_i = 1$  bar aproximadamente). Si se eligiera un valor superior, se podría disminuir el volumen total del VE, como se comprende examinando la fórmula (12), pero deberían aumentarse las presiones mínima y máxima para mantener un volumen residual de agua en el depósito (fig. 3).

El cálculo de un VE cerrado se hará siguiendo los siguientes pasos:

- Se calcula el volumen total de agua contenido en el circuito (tuberías, generadores, unidades terminales, etc.), haciendo uso de datos suministrados por los fabricantes.
- Se determina la temperatura máxima de funcionamiento del sistema. En caso de circuitos de agua caliente y sobrecalentada, esta temperatura será la media entre las temperaturas de impulsión y de retorno. En caso de circuitos de agua refrigerada o salmuera, se adoptará la temperatura máxima que se prevea pueda alcanzar el sistema cuando esté parado, con un mínimo de 30 °C para redes en el interior de edificios y 40 °C para redes situadas al exterior.
- Se calcula el coeficiente de expansión con una de las fórmulas (3), (4), (5) o (6), según sea la temperatura máxima del sistema, teniendo en cuenta, eventualmente, el factor de corrección para la solución de agua y glicol etilénico, dado por la ecuación (7).
- Se determinan las presiones de trabajo, siguiendo los criterios mencionados anteriormente.
- Se calcula el coeficiente de presión por medio de la ecuación (12) o (13), según el vaso sea sin membrana o con membrana, respectivamente.
- Por último, se calcula el volumen total del vaso de expansión con la ecuación (16).

## 9 SISTEMAS DE EXPANSION POR TRANSFERENCIA DE MASA

Con estos sistemas se recurre a un trasiego de un fluido desde el circuito hacia un depósito de almacenamiento exterior o viceversa, según se trate de la fase de dilatación o contracción, manteniendo la presión del circuito prácticamente constante, bien entendido dentro de los límites impuestos por la banda proporcional de los aparatos de control. El régimen de presiones no afecta, evidentemente, al dimensionado del depósito de almacenamiento del agua de trasiego.

Es conveniente que los depósitos sean de tipo vertical, para disminuir la superficie de contacto entre el agua y el gas y, en consecuencia, la absorción de gas por parte del agua.

Es altamente recomendable la utilización de un gas inerte (nitrógeno) para rellenar el colchón encima de la superficie libre del agua.

Las ecuaciones y criterios de diseño indicados anteriormente para los VEs tienen validez para estos sistemas, excepto la ley de Boyle-Mariotte, que no tiene aplicación cuando la masa no sea constante. En particular, el volumen neto de expansión se calculará con la fórmula (14).

Para redes de agua sobrecalentada, la elección de la presión mínima de trabajo se hará sumando a la presión de saturación del vapor de agua de 1,5 a 4 bar, considerando la altura geométrica del punto más elevado de la red.

La presión máxima se determinará en base a la presión de servicio de los equipos y aparatos que forman parte del circuito, teniendo en cuenta la banda proporcional del sistema de control de presión, y será siempre inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad.

Para redes de agua caliente o refrigerada, la elección de las presiones mínima y máxima se hará teniendo en cuenta únicamente la altura geométrica y la presión máxima de trabajo de los equipos, respectivamente.

El esquema de la figura 4 indica un sistema con trasiego de agua a un depósito exterior a presión atmosférica. A veces este depósito podrá ser de tipo cerrado y tener en su parte superior un colchon de gas inerte, con descarga controlada a la atmósfera, en ligera sobrepresión con respecto al ambiente exterior, de 0,2 a 0,3 bar.

El volumen total del depósito se hará igual a 1,2 a 1,4 veces del volumen útil, una vez calculados los espacios necesarios para el alojamiento de los accesorios y dejada una altura suficiente entre el fondo del depósito y el nivel mínimo de agua para evitar aspiración de gas por las bombas del grupo de presión.

La elección de la válvula de vaciado se hará teniendo en cuenta que deberá soportar una presión diferencial igual a la presión máxima de trabajo del sistema y ser capaz de evacuar el caudal de agua correspondiente a la velocidad de calentamiento del agua del circuito.

Sin embargo, la válvula de llenado y el grupo de presión se dimensionarán para el caudal que corresponda a la velocidad de enfriamiento del agua del circuito.

Ambas velocidades dependerán del régimen de puesta en marcha y parada del sistema; su cálculo es crítico para el correcto funcionamiento del sistema de expansión.

El esquema de la figura 5 representa un sistema con descarga de gas inerte. La descarga del gas podrá hacerse a la atmósfera o en un depósito de baja presión, de donde, por medio de un compresor, será almacenado nuevamente en un depósito de alta presión que alimentará el sistema de expansión.

Cuando se trate de sistemas con transferencia de masa de aire, deberá existir, en cualquier caso, una membrana de separación entre agua y aire.

El compresor de aire deberá suministrar un caudal que dependerá de la velocidad de enfriamiento de la masa de agua.

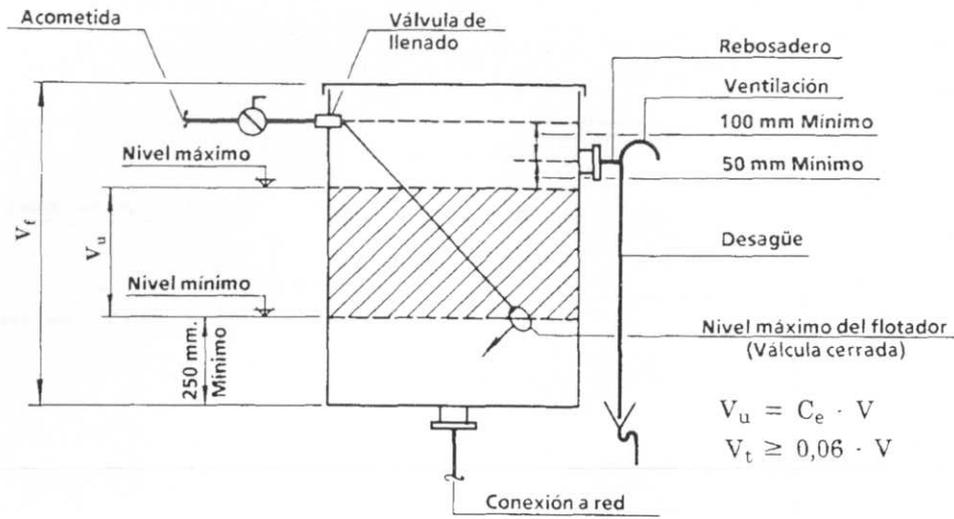


Fig. 1 - Vaso de expansión abierto

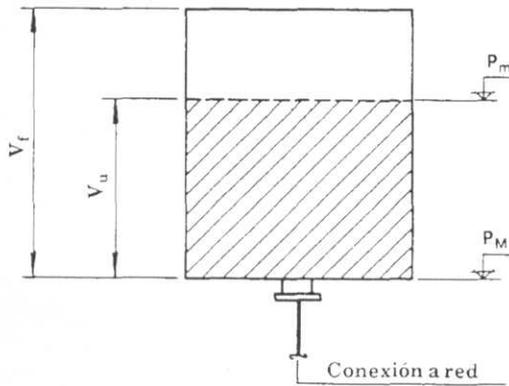


Fig. 2 - Vaso de expansión cerrado con diafragma

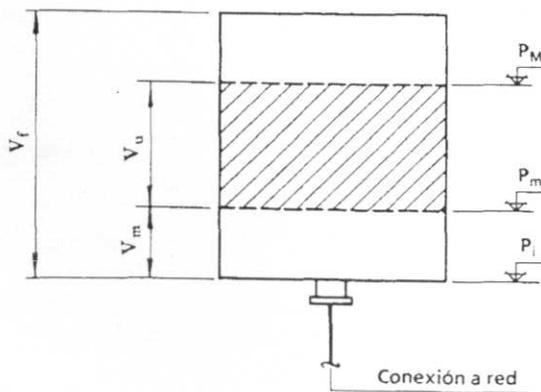


Fig. 3 - Vaso de expansión cerrado sin diafragma

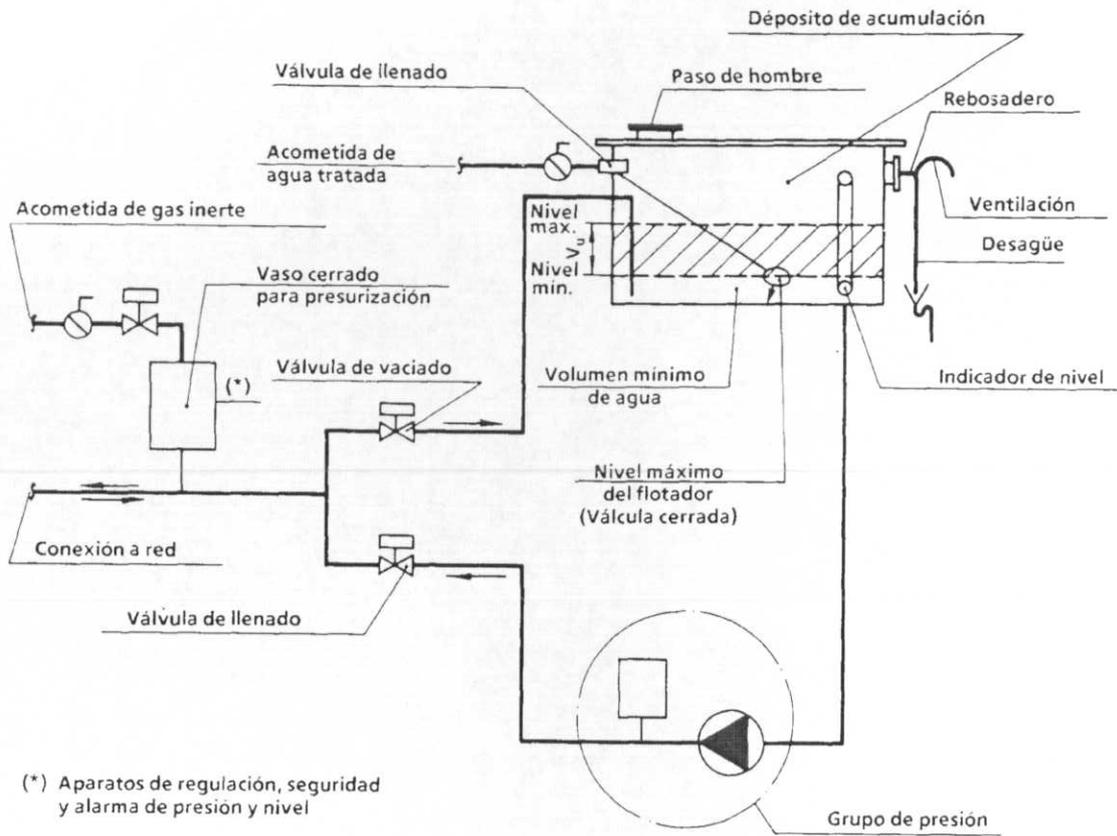


Fig. 4 - Sistema de presurización con descarga y acumulación de agua

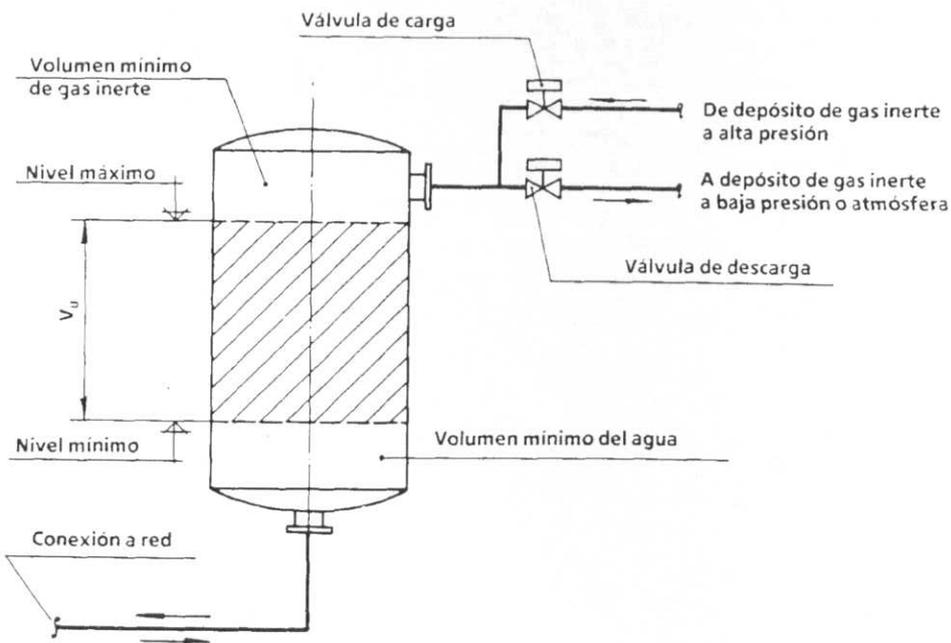


Fig. 5 - Sistema de presurización con carga y descarga de gas inerte