

Be sure. **testo**



Medición de vacío en sistemas HVACR con vacuómetros digitales.

Consejos para lograr un buen nivel de vacío.

La presente guía tiene como objetivo dar respuesta a multitud de consultas recibidas por parte de nuestros clientes y está dirigido a todos los técnicos de Aire Acondicionado / Bombas de calor y Refrigeración.

Aquí se encontrarán indicaciones sobre cómo se pueden evitar errores de interpretación, cómo se utilizan eficientemente los equipos de medición y que condiciones marginales deben tenerse en cuenta para poder interpretar de forma correcta los resultados de las mediciones.

Les agradecemos sus observaciones, que incorporaremos tras evaluarlas en la próxima edición. Si tienen aún alguna pregunta relativa al tema de la técnica de medición de vacío, llámenos.

Consejos para lograr un buen nivel de vacío con **vacuómetros digitales.**

Para poder alcanzar un buen nivel de vacío en un sistema, tenga en cuenta las siguientes indicaciones:

1 Utilice una bomba con capacidad suficiente para el trabajo a realizar.

2 Mantenga la bomba en buen estado. El aceite hidrolizado de la bomba puede afectar en gran medida el nivel de vacío alcanzado. Verifique el estado del aceite y cámbielo frecuentemente.

3 Utilice mangueras adecuadas para realizar el vaciado. Las mangueras para vacío son constructivamente distintas que las mangueras de alta presión para refrigerante. Mangueras que soportan alta presión, como las que se utilizan para refrigerante 410a, no son adecuadas para realizar vacío. Las mangueras para vacío poseen barreras adicionales para impermeabilizarlas y asegurar la estanqueidad. La sección de manguera juega un papel fundamental en el vaciado, es por ello que las mangueras de vacío son de mayores secciones, como 3/8" o 1/2". Se obtienen mejores resultados en cuanto a valor alcanzado y tiempo usando mangueras más cortas y de mayor sección, debido a la menor resistencia generada al caudal.



Figura 1. La utilización de mangueras adecuadas, de mayor sección, menor longitud y barrera impermeable es fundamental para poder alcanzar buenos niveles de vacío.

4 Minimice la cantidad de conexiones. Cada conexión extra que agregue genera un nuevo potencial punto de pérdida de estanqueidad. Mantenga un circuito de vaciado simple: sistema – vacuómetro – válvula – bomba.

5 Minimice los recorridos de manguera. Acople el vacuómetro mediante un acoplador para evitar un tramo de manguera adicional.

6 Utilice válvulas de grado de vacío. Use válvulas de buena calidad y adecuadas para el vaciado. Junto con las mangueras, son las principales responsables de las pérdidas de estanqueidad.



Figura 2. Las válvulas deben ser de grado de vacío. Derecha: acoplador para vacuómetro.

7 Realice el vaciado durante el tiempo necesario. Una vez alcanzado el valor objetivo de vacío, mantenga la bomba en funcionamiento de manera adicional por 1/3 del tiempo total empleado para el vaciado.

Preguntas y respuestas.

A continuación se recopilan respuestas a las preguntas frecuentes con respecto a la utilización de vacuómetros digitales.

El valor indicado de vacío sube luego de cerrar la válvula que conecta a la bomba.

Suponiendo un esquema de conexión como los mostrados, es frecuente que la indicación suba luego de efectuar el vaciado durante algún tiempo y cerrar la válvula. Esto puede deberse a varios motivos que son ajenos al instrumento, realmente la presión en el circuito se está incrementando.

Figura 3. Ejemplo de conexionado de sistema, vacuómetro, válvula y bomba.



Figura 4. Una mejor opción: reemplazo de la manguera por una válvula de grado vacío y un acople para vacuómetro.



- 1 Si se incrementa sin detenerse, y el incremento es de forma lineal, es muy probable que exista una fuga en el circuito. Revise las conexiones y componentes.
- 2 El tiempo de vaciado fue insuficiente y todavía hay agua evaporándose en el circuito. Observar si el incremento de la presión es de forma “logarítmica” o amortiguada.
- 3 Las conexiones no son perfectamente estancas.
- 4 Puede haber difusión a través de las mangueras. Con que la manguera tenga algún poro es suficiente para romper el vacío. Utilice mangueras adecuadas para realizar vacío, las mangueras para refrigerante no son adecuadas para esta tarea. **Utilice mangueras adecuadas para realizar el vaciado.**
- 5 El efecto de calentamiento de los componentes aumenta la presión en el circuito.
- 6 El rozamiento del cierre de las válvulas es suficiente para aumentar la presión, si el volumen vaciado es pequeño o bien la válvula no es perfectamente estanca. Utilice válvulas de grado de vacío.
- 7 El estado de la bomba (hidrolización del aceite) puede afectar el valor de vacío alcanzado.
- 8 Los efectos anteriores se ven amplificados si el volumen de ensayo es muy pequeño (por ejemplo, al conectar directamente la bomba al instrumento con una manguera corta).
- 9 Si usted conecta el vacuómetro directamente a la bomba, sin válvula, y apaga la bomba, la indicación va a subir inevitablemente. Esto es porque las bombas de vacío no necesariamente retienen la estanqueidad una vez apagadas.

Si la subida que observa es de hasta 1500 micrones luego de cerrar la válvula, puede deberse a humedad remanente en el circuito.

Si este fuese el caso, repita su ensayo dejando realizar más tiempo vacío a la bomba, y asegúrese de que las conexiones sean estancas (puede probar teflonar las conexiones o utilizar algún sellador líquido para refrigeración).

Solo si se probaron y descartaron todas las posibilidades anteriores puede considerarse que esté sucio el sensor o bien en última instancia que exista una fuga o fallo en el instrumento. Pero esto último es altamente improbable, en especial si el vacuómetro tiene poco uso y se usa de forma responsable.

No logro tener valores de vacío aceptables, nunca llega debajo de cierto valor ¿el vacuómetro funciona mal?

Lo más probable es que se trate de alguno de los motivos enumerados en la respuesta a la pregunta anterior, en especial con respecto a la calidad de mangueras y válvulas. Pero si se sospecha del vacuómetro puede limpiarse el sensor en primera

instancia, y luego si aun así y habiendo descartado todo lo anterior se sospecha que presenta una fuga, deberá enviarlo a Servicio Técnico para que sea evaluado y reparado si es necesario.

¿Puedo dejar el vacuómetro conectado a mi manifold mientras realizo otras tareas aplicando presión sobre el sistema?

No. Tenga presente que los vacuómetros no son para medir presiones positivas, y de hecho una presión alta, mayor a 6 bar (87 psi) puede hacer que se rompan.

Si el equipo queda conectado mientras se presuriza el sistema, por ejemplo en una prueba de estanqueidad con nitrógeno, usted corre el riesgo de dañar el sensor de forma irreparable.

Tenga presente cerrar la válvula que acopla el vacuómetro al sistema antes de realizar otra tarea o bien, para mayor tranquilidad, solo conéctelo al momento de realizar el vacío y luego una vez finalizada la tarea, cierre la válvula y desconéctelo.

¿Cuándo se limpia el sensor?

Limpie el sensor cuando sospeche que pudo haberlo sometido a una condición en la que se haya salpicado o ensuciado, si observa diferencias en la medición comparando con otros instrumentos

o bien cuando observe que la presión de vacío no alcanza niveles aceptables y ya se hayan descartado otros motivos.

Se observa variabilidad en la medición, el valor no permanece estable.

Los vacuómetros analógicos vienen escalados, en general, en pulgadas de mercurio o en cm de mercurio, con lo cual una diferencia de 300 micrones, por ejemplo, no podría ser detectada.

Si usted venía trabajando con vacuómetros analógicos, el problema existía igual, solo que no podía verlo porque la resolución era insuficiente.

Los vacuómetros digitales son mucho más precisos y con mejor resolución. Evidencian hasta las variaciones mínimas.

Las fluctuaciones en muchos casos son generadas por la misma bomba. Recuerde que un micrón es una unidad 25400 veces más pequeña que la pulgada de mercurio.

Teniendo en cuenta esto, si observa valores anormalmente variables puede ser por alguno de los motivos mencionados anteriormente con respecto a la falta de estanqueidad.

¿Cómo se limpia el instrumento?

Los vacuómetros que tengan un sensor Pirani (medición por conductividad térmica) pueden ser limpiados con alcohol (solo el sensor). Tape uno de los conectores, vierta alcohol a través del otro, tápelo también, agite el instrumento, vacíelo y deje secar destapado antes de usar.

Nunca use alcohol para la limpieza de carcasas plásticas, es solo para la limpieza interna del sensor.

Las carcasas y display, por otro lado, se limpian con un paño con agua jabonosa y luego se enjuagan de la misma manera con paño húmedo con agua.

¿En qué unidades se expresan las presiones de vacío y por qué?

µmHg	(micrones de columna de mercurio)
mbar	(milibar)
Pa	(Pascuales)
mmHg	(milímetros de columna de mercurio)
inHg o "Hg	(pulgadas de columna de mercurio)
cmHg	(centímetros de columna de mercurio)
inH2O o "H2O	(pulgadas de agua)
mmH2O	(milímetros de columna de agua)
Torr	(en desuso, se usa el mmHg)

Tenga presente que 1 µmHg son 0,000039 pulgadas de mercurio (inHg) o bien 0,0001 cm de mercurio (cmHg). Otras unidades también de presión, como hPa (hectopascuales) o mbar (milibar) resultan demasiado grandes e incómodas para trabajar en este orden de valores tan pequeños de presión.

µmHg (micrón)	Pa	mmca (mmH2O)	cmca (cmH2o)	mbar	mmHg	inH2O ("H2O)	bar	inHg ("Hg)
1	0,13332	0,01359	0,001359	0,0013332	0,001	0,00053524	1,33x10 ⁻⁶	0,00003937
7,5006	1	0,10197	0,010197	0,01	0,0075	0,004014	1,0x10 ⁻⁵	0,0002953
73,556	9,807	1	0,1	0,098	0,073556	0,03937	9,80638x10 ⁻⁵	0,0028959
735,559	98,066	10	1	0,9807	0,73556	0,3937	9,80638x10 ⁻⁴	0,028959
750,061	100	10,197	1,0197	1	0,75	0,40146	0,001	0,0295
1000	133,322	13,595	1,3595	1,333	1	0,53524	0,00133	0,03937
1868,32	249,089	25,4	2,54	2,49	1,868	1	0,002490	0,07355
750061,68	100000	10197,44	1019,744	1000	750,06168	402,1857	1	29,613397
25400	3386,389	345,315	34,531	33,864	25,4	13,595	0,0337685	1

Tamaño de la unidad

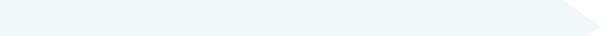


Figura 5. Tabla de conversión entre unidades de presión de vacío.

¿Qué tan pequeño es un 1 micrón?

Obsérvese el siguiente gráfico para tener una mejor noción de la diferencia en el orden de magnitud:

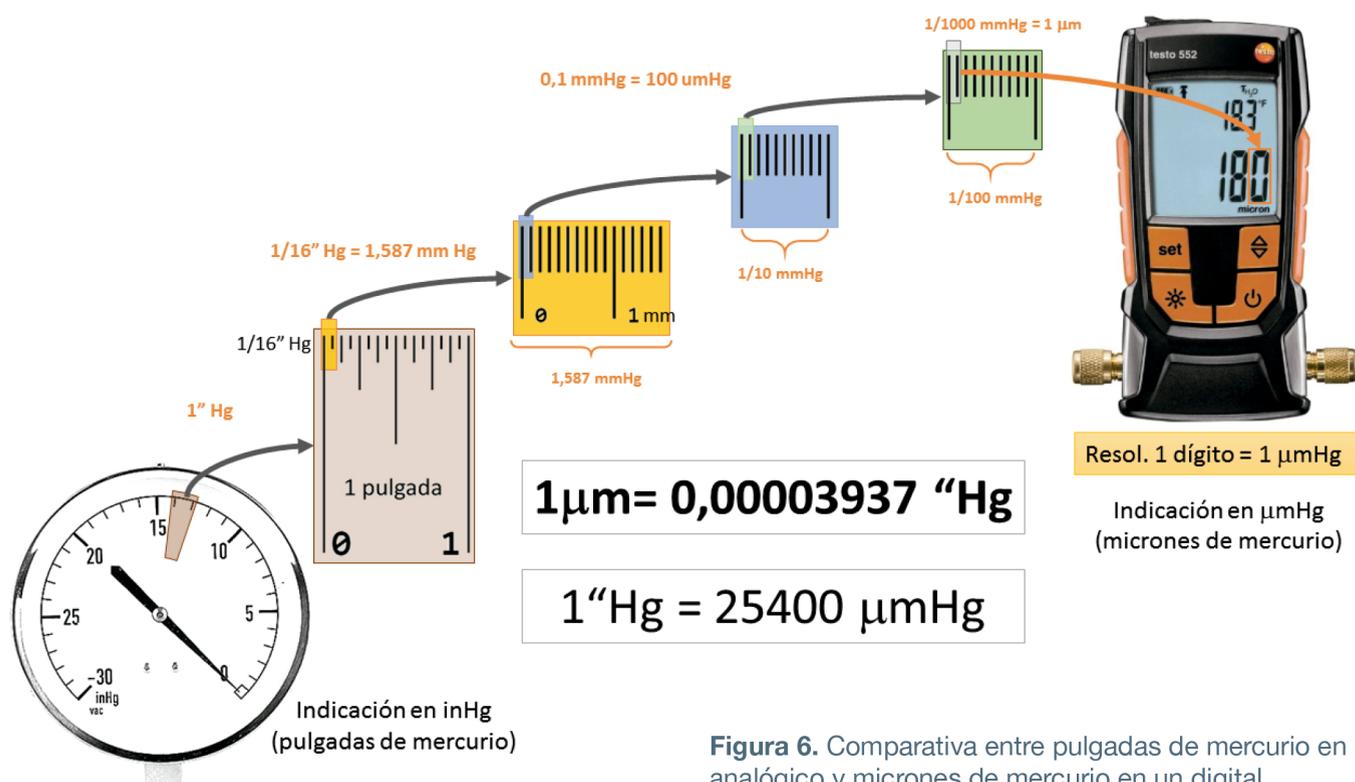


Figura 6. Comparativa entre pulgadas de mercurio en un analógico y micrones de mercurio en un digital.

¿Por qué es necesario medir valores tan bajos?

Para poder garantizar que el sistema esté libre de agua es necesario alcanzar una presión de vacío muy baja.

La bomba de vacío no solo remueve partículas de aceite y agua mecánicamente por succión, sino que además la generación de vacío hace que el punto de ebullición del agua baje a una temperatura menor que la temperatura ambiente y entonces pueda ser removida en forma gaseosa. Agua en el circuito de refrigeración/bomba de calor, aunque sea en cantidades muy pequeñas, implica un menor rendimien-

to del sistema y riesgo de deterioro por oxidación, condensación en el compresor y golpe de ariete.

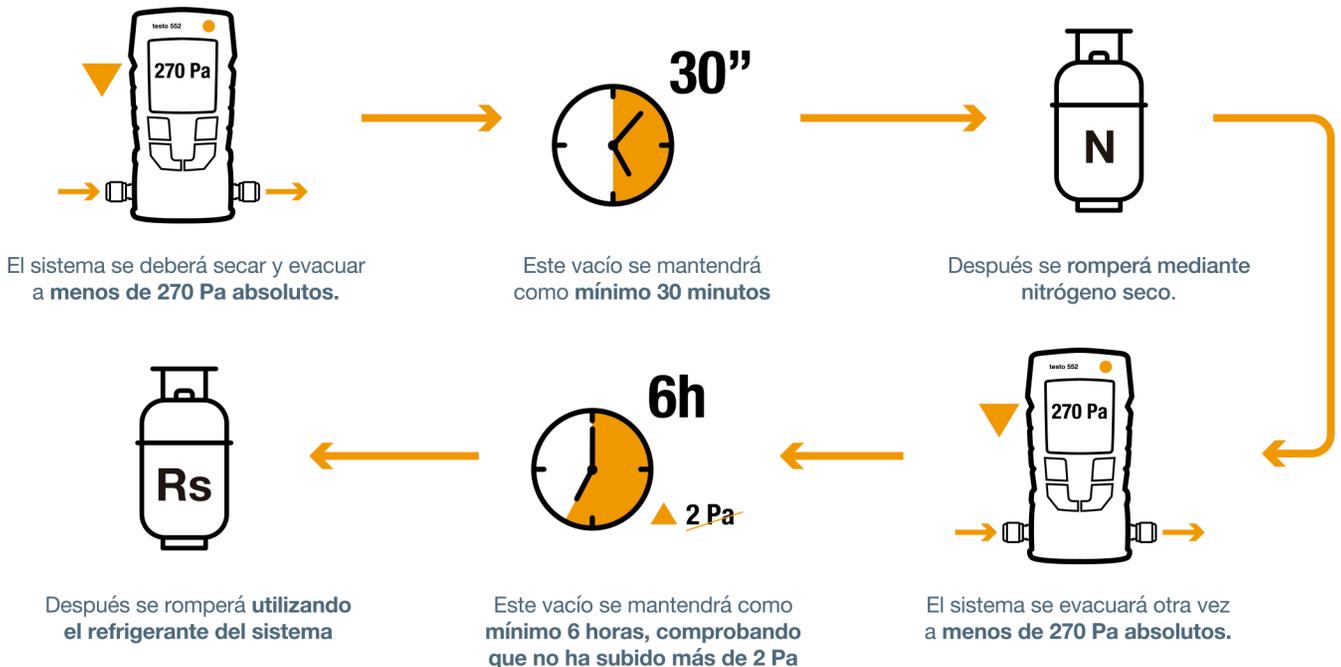
Según el Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias si se utiliza un procedimiento de vacío en el caso de sistemas que utilicen halocarbonos, hidrocarburos o CO_2 con una carga superior a 20 kg, el sistema se deberá secar y evacuar a menos de 270 Pa absolutos.



Este vacío se mantendrá como mínimo 30 minutos y después se romperá mediante nitrógeno seco. El sistema se evacuará otra vez a menos de 270 Pa absolutos. Este vacío se mantendrá como mínimo 6 horas comprobando que en este tiempo no ha subido más de 2 Pa y después se romperá utilizando el refrigerante del sistema.

En este mismo sentido, para sistemas con halocarbonos, hidrocarburos o CO₂ con carga inferior a 20 kg, la presión de vacío antes de recargar el refrigerante será inferior a 270 Pa absolutos. El plazo de tiempo para mantener el vacío dependerá del tamaño y la complejidad del sistema, con un mínimo de 3 h comprobando que en este tiempo no ha subido más de 2 Pa.

Si se usa vacío con sistemas que usan halocarbonos, hidrocarburos o CO₂ con una carga superior a 20 kg:



Si se usa vacío con sistemas que usan halocarbonos, hidrocarburos o CO₂ con una carga inferior a 20 kg:



¿Y para qué presión el punto de **ebullición del agua** **baja a la temperatura ambiente?**

La presión de saturación de vapor de agua es función de la temperatura ambiente y es la máxima presión a la que puede estar en equilibrio la fase líquida del agua con su fase gaseosa en un recipiente cerrado.

Cuando la presión de vapor alcanza a la presión del agua líquida, el agua hierve.

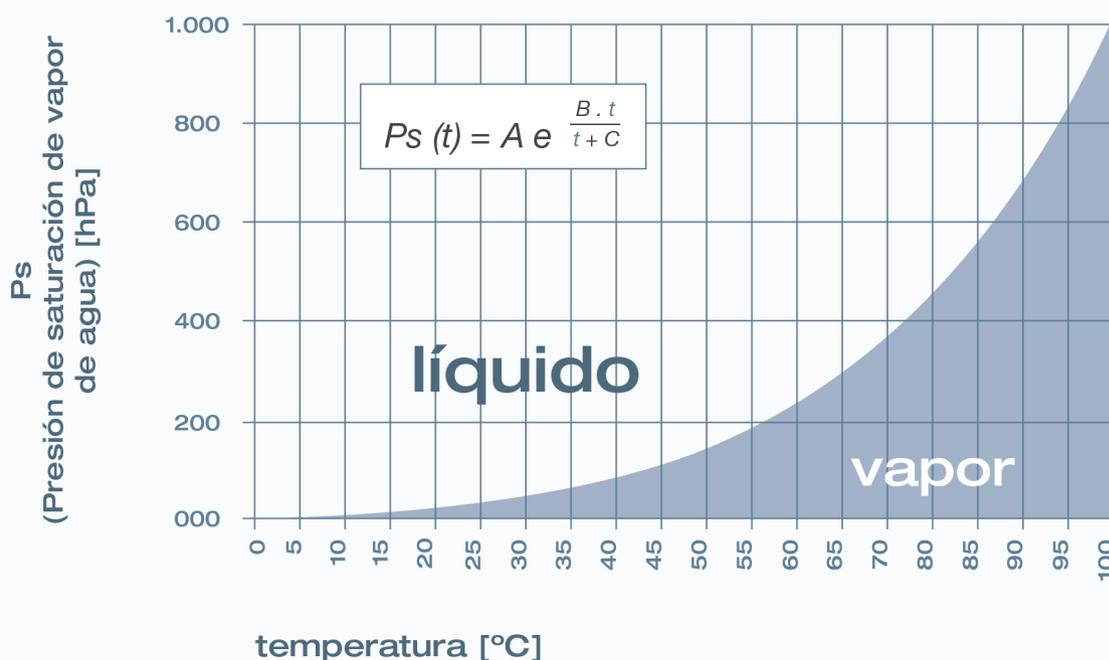


Figura 7. Comparativa entre pulgadas de mercurio en un analógico y micrones de mercurio en un digital

$A= 6,1094$, $B= 17.625$, $C= 243.04$ (coeficientes Magnus sugeridos por Alduchov, 1996)

A, B y C son los coeficientes Magnus sobre superficie de agua. Esta es una de las aproximaciones utilizadas para el cálculo de la presión de saturación.

Consideremos los siguientes ejemplos:

- En la ciudad de Barcelona, a 0 metros sobre el nivel del mar, la presión barométrica es de 1013 hPa. La presión de saturación de vapor para 100 °C es de 1013 hPa... por ello el agua hierve a esta temperatura.
- En la ciudad de Cusco (3399 msnm), la presión barométrica es de 693 hPa y en consecuencia el agua hierve a 90 °C.

- En los dos ejemplos anteriores hablamos de poner a calentar agua para modificar su temperatura y hacer que alcance el punto de saturación.
- Ahora supongamos que modificamos la presión y no la temperatura. Es lo que sucede al realizar la aspiración con bomba de vacío en un sistema cerrado. ¿Para qué presión el agua herviría a temperatura ambiente (25 °C)?

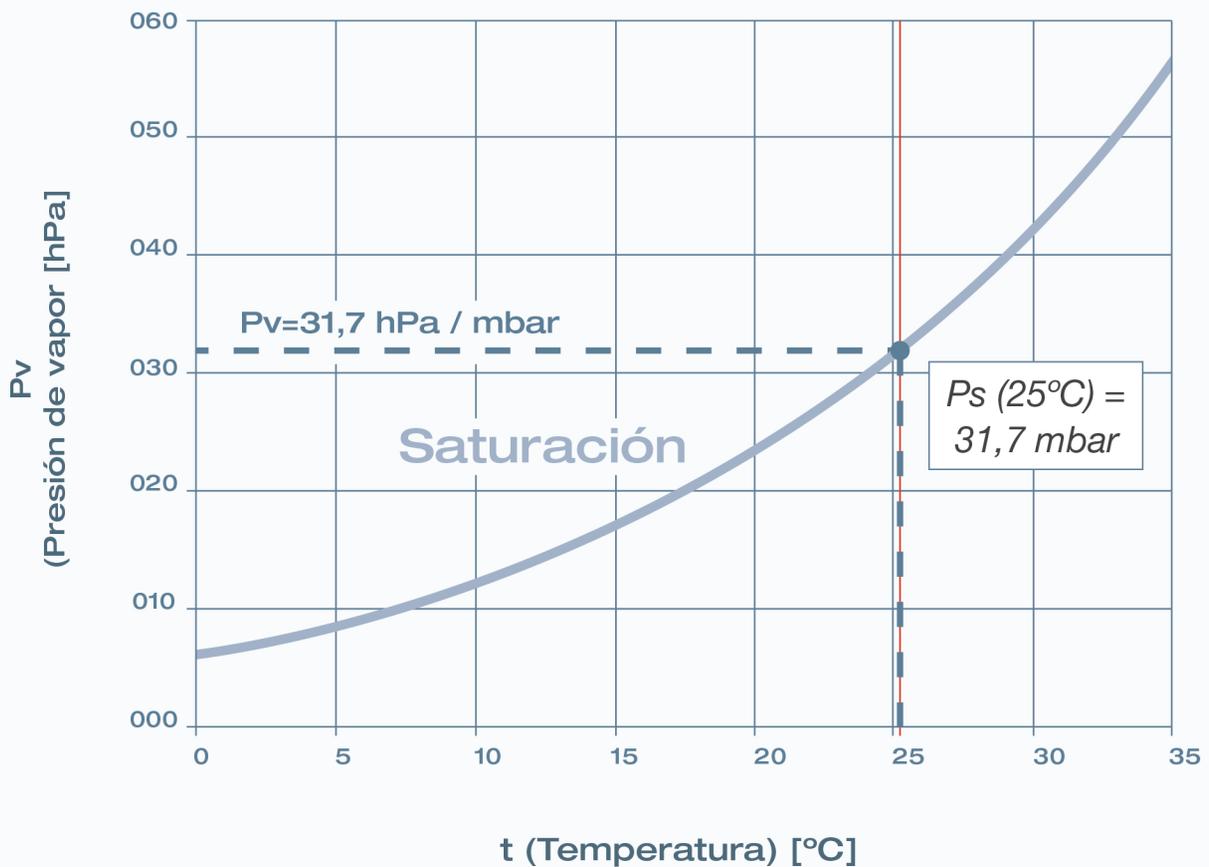


Figura 8. Presión de saturación del vapor de H2O para 25 °C

El agua pasará a estado gaseoso a 25 °C cuando la presión absoluta esté por debajo de 31,7 hPa (31,7 mbar). Este valor equivale a 23.777 micrones. Para lograr el mismo objetivo pero a 10 °C, la presión deberá descender a 12,29 mbar = 9226 micrones.

Si se desea que el punto de ebullición del agua sea de al menos 20 °C por debajo de la temperatura ambiente (considerando 25 °C), esto sería 8,73 mbar = 6548 micrones para que hierva a 5 °C.

Y para el caso de tener una temperatura ambiente de 10 °C, lograr un punto de ebullición de -10 °C requiere aspirar hasta bajar la presión a 1950 micrones. Recordemos entonces que una pulgada de mercurio son 25.400 micrones: todos estos valores están muy por debajo de esto.

Los fabricantes de sistemas de aire acondicionado recomiendan el valor de micrones de vacío a alcanzar para tener resultados óptimos.

¿La medición está expresada como “presión absoluta” o “presión relativa”?

Los vacuómetros digitales miden el vacío absoluto. Esto significa que la referencia de “cero” es el vacío absoluto

Los analizadores de refrigeración digitales y vacuómetros analógicos, en cambio, miden presiones manométricas, relativas. El “cero” de referencia en este caso es la presión atmosférica. Un valor de presión absoluta siempre hará referencia al mismo valor.

En cambio, la presión atmosférica puede variar dependiendo de las condiciones climáticas y de la altura.

Por lo tanto, las mediciones manométricas están sujetas a esas variaciones. Dos valores distintos de presión relativa en distintas condiciones de presión atmosférica pueden hacer referencia al mismo valor de vacío absoluto alcanzado.

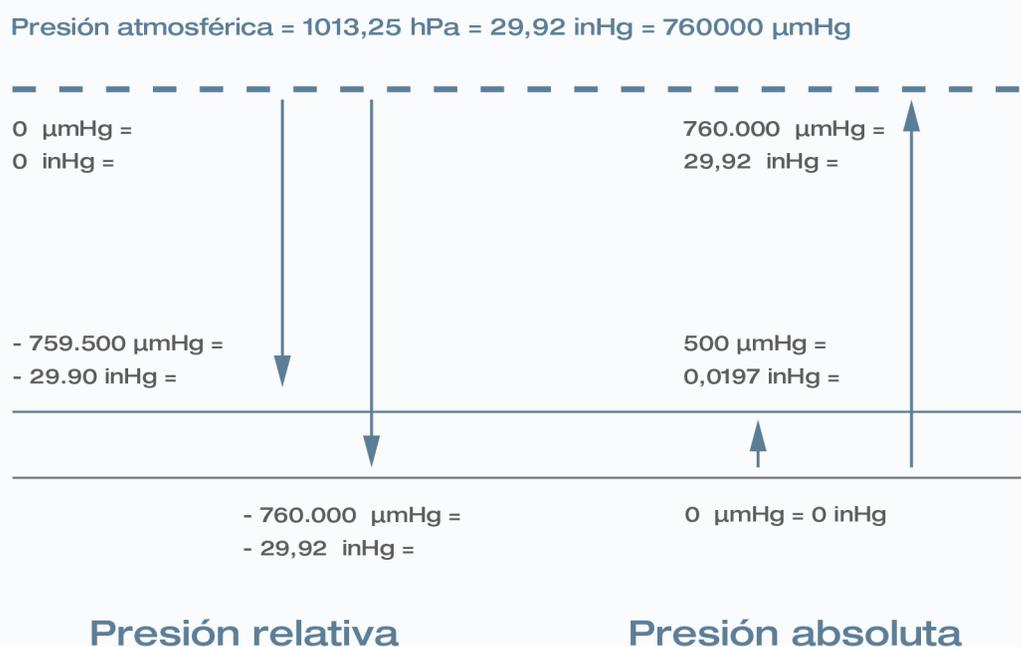


Figura 9. Presión relativa y presión absoluta.

Se cumple: **Prel = Pabs – Patm**

donde Prel es la presión relativa, Pabs es la presión absoluta en el sistema y Patm es la presión atmosférica.

En el ejemplo de la imagen anterior, para una presión absoluta alcanzada de 500 micrones luego del

vaciado y presión atmosférica inicial de 1013,25 hPa (760.000 micrones) se tiene:

Prel = Pabs – Patm = 500 micrones - 760000 micrones = -759.500 micrones

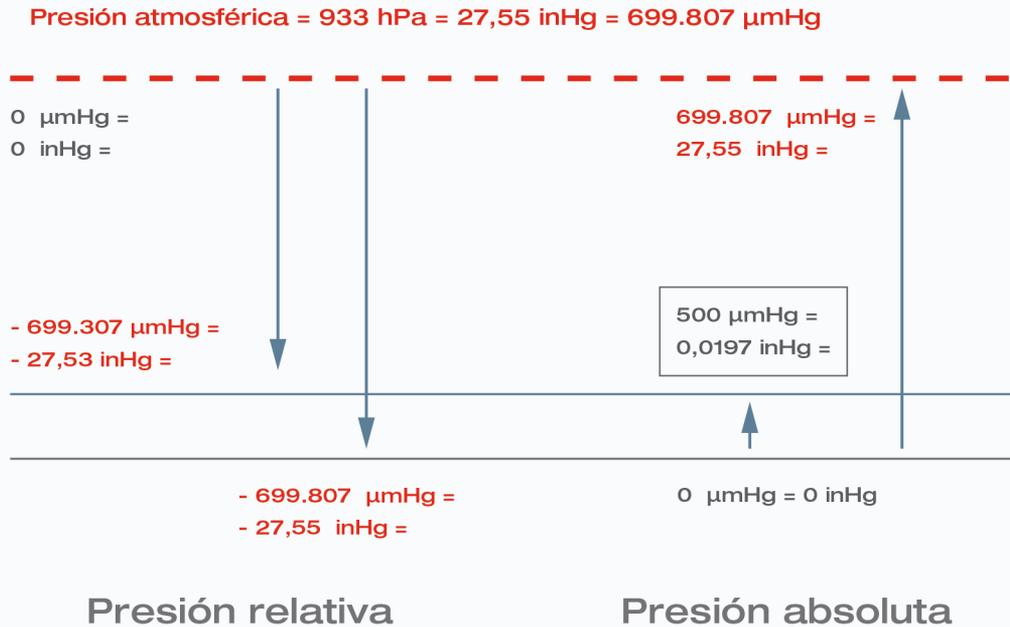


Figura 10. Diferencia de indicación a distinta presión atmosférica (compare con la Figura 7). La indicación de vacío absoluto es la misma ante distintas condiciones atmosféricas, la relativa varía.

Ese sería el máximo valor de vacío que debería indicar un instrumento analógico (si tuviese una resolución suficiente).

Tomemos otro ejemplo. En la ciudad de Granada, la altura es mayor a 738 msnm. A esta altura, la presión atmosférica se sitúa alrededor de 933 hPa.

¿Cuánto sería la presión relativa que indicaría un vacuómetro analógico al alcanzar una presión absoluta de 500 micrones para un sistema cerrado y cuya presión inicial sea dicha presión atmosférica?

Convirtiendo a micrones:

$933 \text{ hPa} \cdot 760000 \text{ } \mu\text{mHg} / 1013,25 \text{ hPa} = 699.807$
micrones

Prel = Pabs - Patm = 500 micrones - 699.807 mi-
crones = - 699.307 micrones

Observamos entonces que si vaciáramos el mismo sistema con la misma bomba y el mismo vacuómetro analógico, tendríamos distintas indicaciones relativas de vacío alcanzado según la presión atmosférica de cada lugar, pero una **indicación de vacío absoluto** serviría como referencia invariable en cualquier caso.

Peor aún, en un mismo lugar la presión atmosférica puede variar día a día en valores tales como +/- 10 hPa, dando lugar a diferencias en los valores relativos medidos también.

La indicación de vacío absoluto, en cambio, siempre será la misma independientemente de ello.