

Técnicas de vacío

Acosta, Joel; Corbat, Agustín

Laboratorio 5

29 de abril de 2014



Índice I

1 Conceptos Generales

- ¿Qué es vacío?

2 Formas de generar vacío

- Bomba Mecánica
- Bomba Roots
- Bomba de Difusión
- Bomba Turbomolecular
- Bomba Iónica
- Bomba Criogénica

3 Medición de vacío

- Manómetro de Capacitancia
- Manómetro de Pirani
- Manómetro de Ionización de Cátodo Frío
- Manómetro de Ionización de Cátodo Caliente
- Manómetro de McLeod



Índice

1 Conceptos Generales

- ¿Qué es vacío?

2 Formas de generar vacío

- Bomba Mecánica
- Bomba Roots
- Bomba de Difusión
- Bomba Turbomolecular
- Bomba Iónica
- Bomba Criogénica

3 Medición de vacío

- Manómetro de Capacitancia
- Manómetro de Pirani
- Manómetro de Ionización de Cátodo Frío
- Manómetro de Ionización de Cátodo Caliente
- Manómetro de McLeod



¿Qué es vacío?

Vacío se refiere a un recipiente lleno con gas a una presión menor que la atmosférica, según la Sociedad Estadounidense del Vacío.

Existen por lo tanto distintos grados de vacío.

| clase vacío | presión (mbar) |
|-------------|----------------------|
| Bajo | $10^3 - 10^0$ |
| Medio | $10^0 - 10^{-2}$ |
| Alto | $10^{-3} - 10^{-7}$ |
| Ultra-alto | $10^{-7} - 10^{-12}$ |

| | |
|--------|-------------|
| 1 bar | 1 hPa |
| 1 atm | 1,01325 bar |
| 1 mbar | 0,75 Torr |



Modelos

Teoría del Continuo

Estudia al gas como un fluido que fluye de manera similar a un líquido.

El recorrido libre medio es menor que las dimensiones del tubo por el que fluye.

Teoría Cinética

Modela el gas como un conjunto de partículas que colisionan entre sí.

Válida para cualquier camino libre medio.

Permite deducir las leyes obtenidas al modelar el gas como un fluido continuo.



Índice

1 Conceptos Generales

- ¿Qué es vacío?

2 Formas de generar vacío

- Bomba Mecánica
- Bomba Roots
- Bomba de Difusión
- Bomba Turbomolecular
- Bomba Iónica
- Bomba Criogénica

3 Medición de vacío

- Manómetro de Capacitancia
- Manómetro de Pirani
- Manómetro de Ionización de Cátodo Frío
- Manómetro de Ionización de Cátodo Caliente
- Manómetro de McLeod



Definiciones útiles

Para caracterizar una máquina de vacío es necesario conocer su velocidad de bombeo y la presión máxima que puede alcanzar.

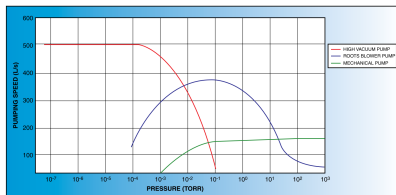


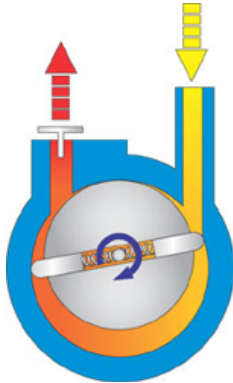
Figura: Gráfico estimado de la velocidad de bombeo a distintas presiones para distintas bombas.

La **Velocidad de bombeo** es el flujo volumétrico en la boca de entrada.

$$S = \frac{dV}{dt}$$



Bomba mecánica



Esta bomba consiste en un espacio cilíndrico en cuyo interior gira excéntricamente un cilindro.

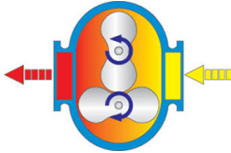
Alcanza presiones de hasta 0,1 mbar

Limitado por el reflujo de gas en la zona de compresión.

Mejora con bombas en serie (doble efecto).



Bomba Roots



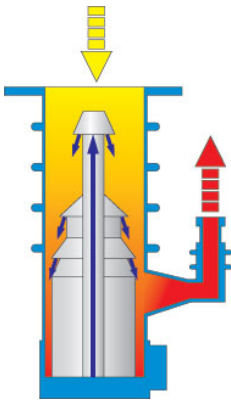
En este caso el aire es arrastrado hacia fuera por dos piezas en forma de ocho que giran en sentidos opuestos.

Su funcionamiento es similar a la de la bomba de paleta rotatoria.

Alcanza presiones de hasta 10^{-3} mbar.



Bomba de difusión



Las moléculas de gas son arrastradas hacia abajo por medio de colisiones con moléculas de vapor de aceite y liberadas a través de una boca de descarga

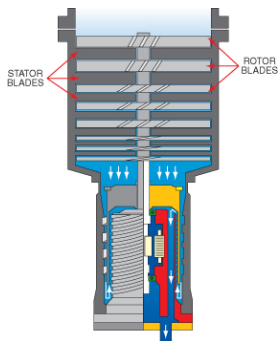
Alcanza presiones de 10^{-3} o incluso hasta 10^{-7} mbar.

Necesita una bomba mecánica para que las bocas no superen los 0,5 mbar.

Puede generar reflujos de aceite contaminando la cámara.



Bomba turbomolecular



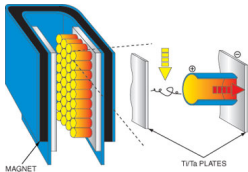
El giro de los álabes debe hacerse a gran velocidad ($\sim 30\,000$ rpm), y su orientación es tal que la mayor probabilidad de transmisión sea de la región de alto vacío a la de bajo vacío.

Alcanza grados de alto y ultra-alto vacío.

Necesita de bombas mecánicas.



Bomba iónica



Los electrones emitidos impactan con moléculas de gas creando iones positivos. Estos se adhieren al cátodo reaccionando químicamente.

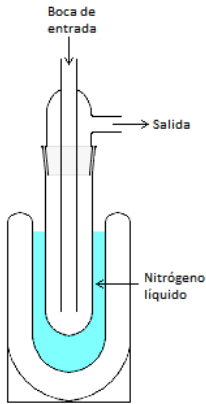
Alcanza presiones de hasta 10^{-11} mbar.

No tiene partes móviles ni usa aceite, siendo más limpia.

Poco efectiva con gases nobles que no reaccionan químicamente.



Bomba criogénica



Es un dispositivo que condensa todos los vapores en un líquido o sólido.

Puede utilizarse para evitar el reflujo de aceite de las bombas difusoras.

Puede alcanzar presiones de 10^{-10} mbar.



Consideraciones

A la hora de diseñar el sistema sobre el cual se generará vacío, no solo se debe conocer en que rango de presión se desea trabajar, sino también se debe tener en cuenta las posibles pérdidas o desorción del sistema.

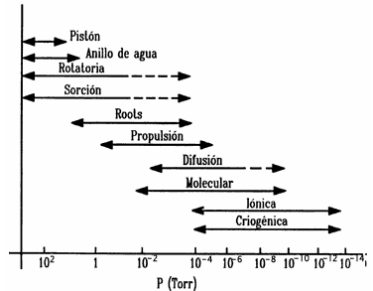


Figura: Rangos de presiones alcanzados con las distintas maquinas de vacío.



El caudal de gas en un recinto esta descripto por

$$-\frac{d(P_i V)}{dt} = P_i S_i - L_{perd}(P_{ext} - P_i) - Q_d$$

Si se desprecian las pérdidas y desorción del sistema la presión en función del tiempo es

$$P(t) = (P_0 - P_f) \exp\left(-\frac{S_i}{V} t\right) + P_f$$



Pérdidas

Si el sistema solo tiene pérdidas

$$P(t) = (P_0 - P_{ext}) \exp\left(-\frac{L_{perd}}{V} t\right) + P_{ext}$$

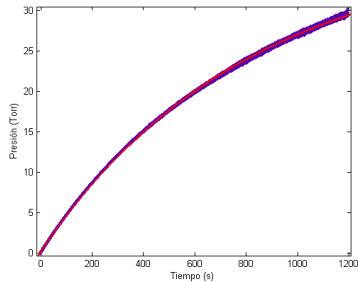


Figura: Datos obtenidos al insertar un pelo en el o-ring.



Desorción

Si el sistema solo tiene desorción

$$P(t) = \frac{Q_d}{V}t + P_0$$

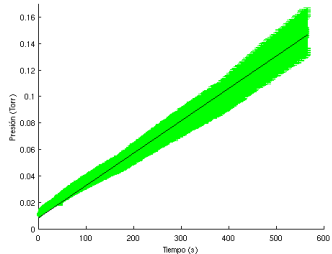


Figura: Datos obtenidos al sellar la cámara.

El sistema suele hallarse en una combinación de estos factores



Índice

1 Conceptos Generales

- ¿Qué es vacío?

2 Formas de generar vacío

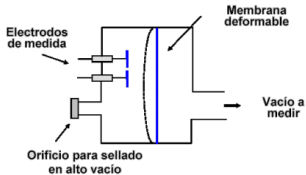
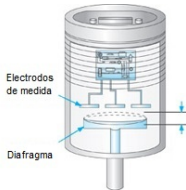
- Bomba Mecánica
- Bomba Roots
- Bomba de Difusión
- Bomba Turbomolecular
- Bomba Iónica
- Bomba Criogénica

3 Medición de vacío

- Manómetro de Capacitancia
- Manómetro de Pirani
- Manómetro de Ionización de Cátodo Frío
- Manómetro de Ionización de Cátodo Caliente
- Manómetro de McLeod



Manómetro de capacitancia

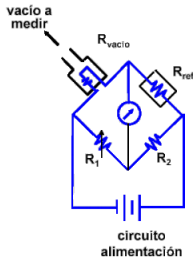
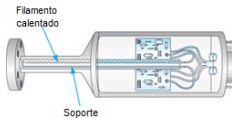


Una membrana deformable separa una presión conocida de una desconocida y a su vez es uno de los electrodos de un capacitor.

Una vez calibrado, permite obtener con buena precisión las presiones entre vacío bajo y medio. Es independiente del tipo de gas.



Manómetro de Pirani



Consta de un filamento metálico, cuya resistencia varía con la temperatura, suspendido en el sistema de vacío.

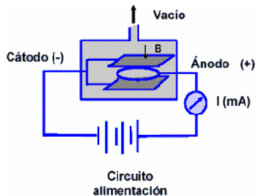
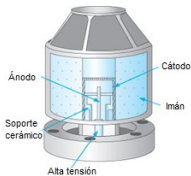
Al aumentar el vacío se reduce la pérdida de calor por conducción y aumenta la temperatura del alambre.

La resistencia se mide mediante un puente de Wheatstone.

El rango de operación es de entre 10^{-3} y 10^3 mbar.



Manómetro de ionización de cátodo frío

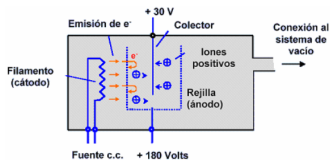
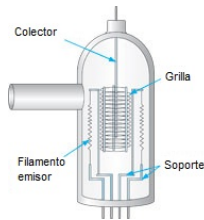


Al aplicar un potencial de varios kV ,entre un ánodo y un cátodo, el gas se ioniza y genera una corriente iónica. Esta corriente depende de la presión del gas.

Funciona en el rango entre 10^2 y 10^{-9} mBar.



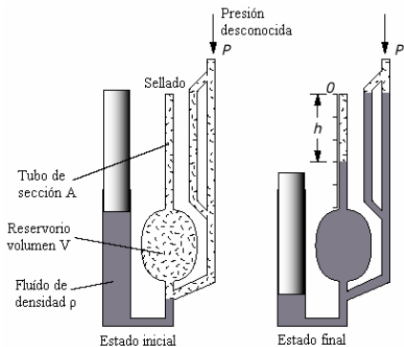
Manómetro de ionización de cátodo caliente



En este caso la descarga ocurre entre un filamento incandescente (cátodo) y otro electrodo en forma de rejilla (ánodo).



Manómetro de McLeod



Tomando una muestra de un volumen del gas presente en la cámara de vacío, comprimiéndolo al elevar el nivel del fluido. Es independiente de la naturaleza química del gas que se está midiendo.

Se utiliza para calibración de otros aparatos.

Se pueden medir presiones de hasta 10^{-7} mbar.



Conductancia

La **Conductancia** (C) es el factor de proporcionalidad que relaciona el flujo a través de cualquier elemento de tubería con la diferencia de presión en sus extremos.

$$Q = C(P_e - P_i)$$

Puede plantearse la analogía con la ley de Ohm de los circuitos eléctricos siendo

$$R = \frac{1}{C}$$



Conductancia

La **Conductancia** (C) es el factor de proporcionalidad que relaciona el flujo a través de cualquier elemento de tubería con la diferencia de presión en sus extremos.

$$Q = C(P_e - P_i)$$

Esta ecuación es válida para grados bajos, medios y altos de vacío; en rangos de alto o ultra-alto vacío no hay dependencia con la diferencia de presión.

Esto se debe a las diferencias en los modelos utilizados para los distintos rangos de presión.



¡Gracias por la atención!

Referencias

- 1 Fundamentals of vacuum technology, *Dr. Walter Umrath*
- 2 Técnicas de vacío, *Dr. Carlos Acha*
- 3 Kurt J. Lesker Company, www.lesker.com
- 4 Edwards Company, www.edwardsvacuum.com

