



universidad de buenos aires - exactas  
departamento de Física



# Técnicas de vacío

Grupo 3

Gianni Moretti  
Santiago Rodriguez  
Santiago Perez

# Vacío: definición y clasificación

Espacio que contiene gases a menor presión que la atmosférica.

Clase vacío	Presión (mbar)
Bajo	$1,10^3 - 1$
Medio	$1 - 1,10^{-3}$
Alto	$1,10^{-3} - 1,10^{-7}$
Ultra Alto	$1,10^{-7} - 1,10^{-12}$
Extremadamente Alto	$< 1,10^{-12}$

# Sistemas de vacío

---

- Remueven partículas de gas de un compartimento para crear un vacío parcial en este.
- Aprovechan diferentes propiedades del gas a remover, lo que determina cómo se mide el vacío generado.

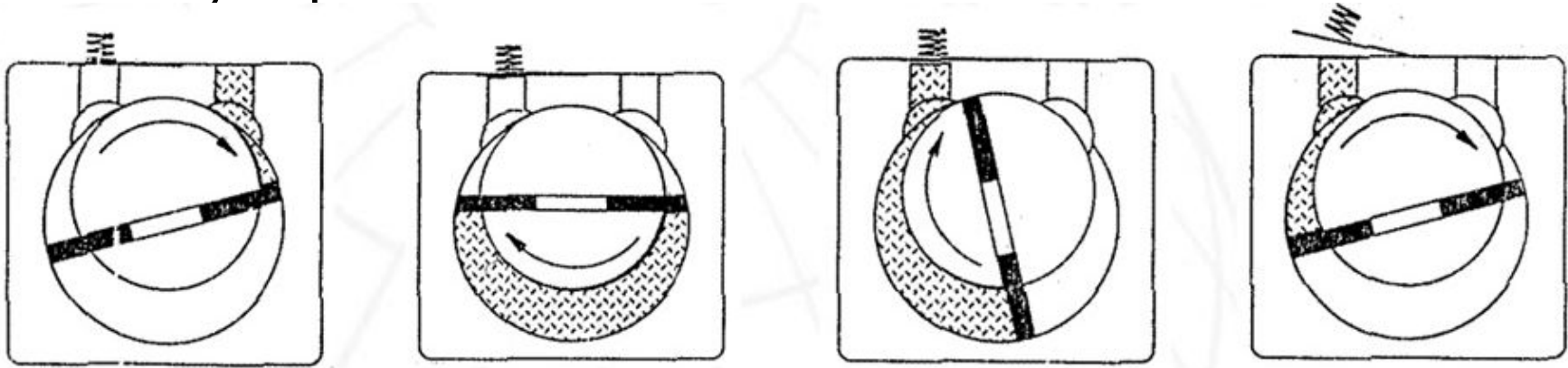
# Tipos de bombas

---

- Bombas de desplazamiento positivo.
- Bombas de transferencia de momento.
- Bombas de atrape

# Bombas de desplazamiento

Utilizan un mecanismo para aislar parte del gas en una cámara y expulsarlo a la atmósfera.

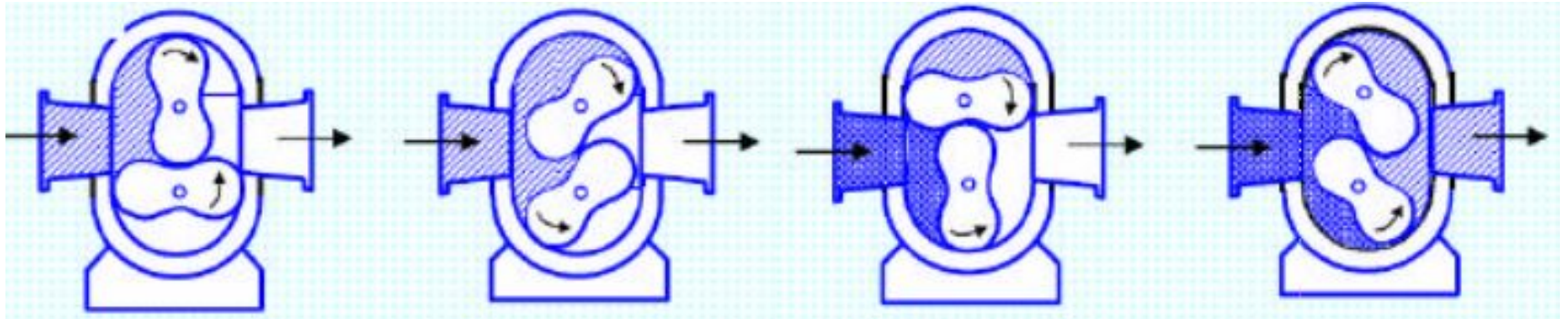


Bomba de paleta rotatoria

Rango de  $10^3$  mB a  $10^{-1} \sim 10^{-3}$  mB

# Bombas de desplazamiento

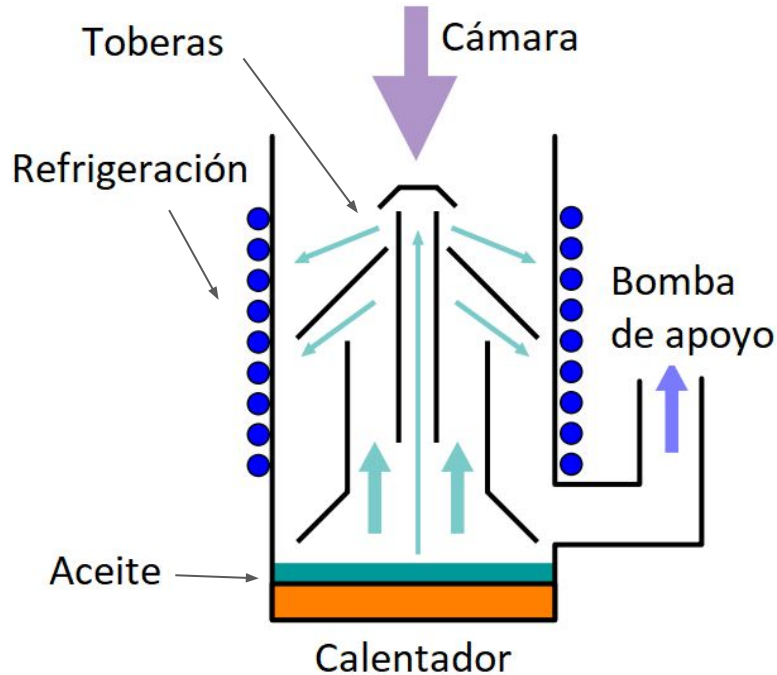
Utilizan un mecanismo para aislar parte del gas en una cámara y expulsarlo a la atmósfera.



Bomba Roots

Rango de  $10^3$  mB a  $10^{-1} \sim 10^{-3}$  mB

# Bombas de transferencia de momento



Las moléculas de gas son aceleradas de la cámara de vacío hacia una salida.

Una bomba de difusión utiliza vapor de aceite.

Rango de  $10^{-1}$  a  $10^{-3} \sim 10^{-7}$  mB

# Bombas de transferencia de momento



Las moléculas de gas son aceleradas de la cámara de vacío hacia una salida.

Una bomba turbomolecular utiliza aspas giratorias.

Rango de  $10^{-1}$  a  $10^{-3} \sim 10^{-7}$  mB

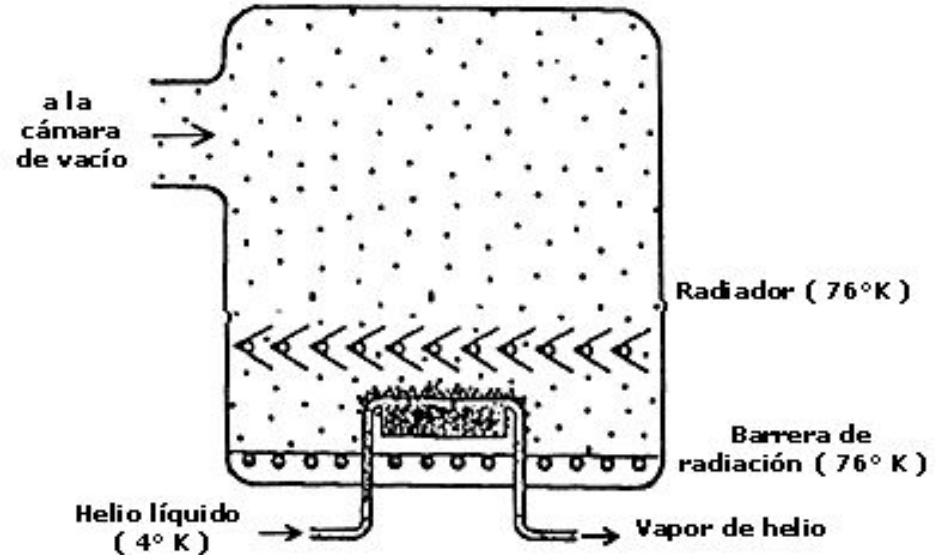


# Bombas de atrape

Utilizan otra propiedad para atrapar el gas y sacarlo de la cámara.

La bomba criogénica utiliza la condensación de los gases.

Rango de  $10^{-4}$  mB a  $10^{-10}$  mB

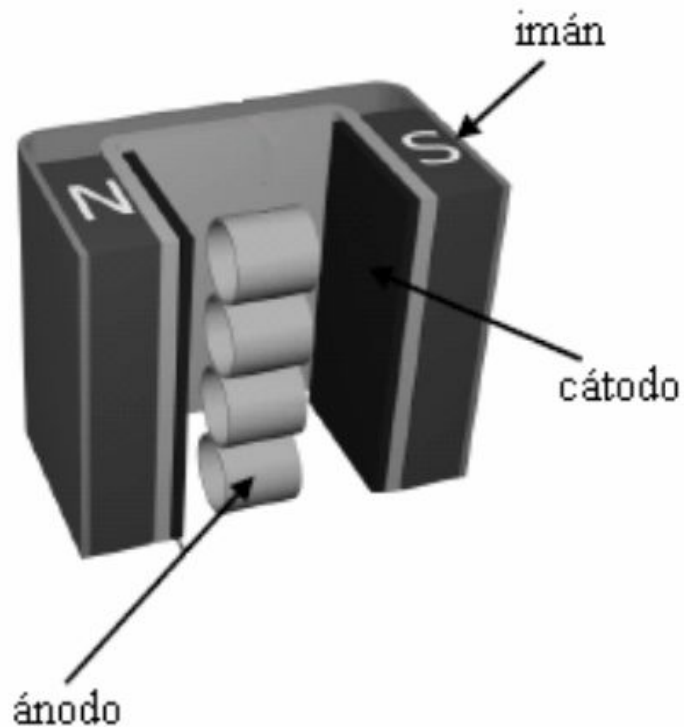


# Bombas de atrape

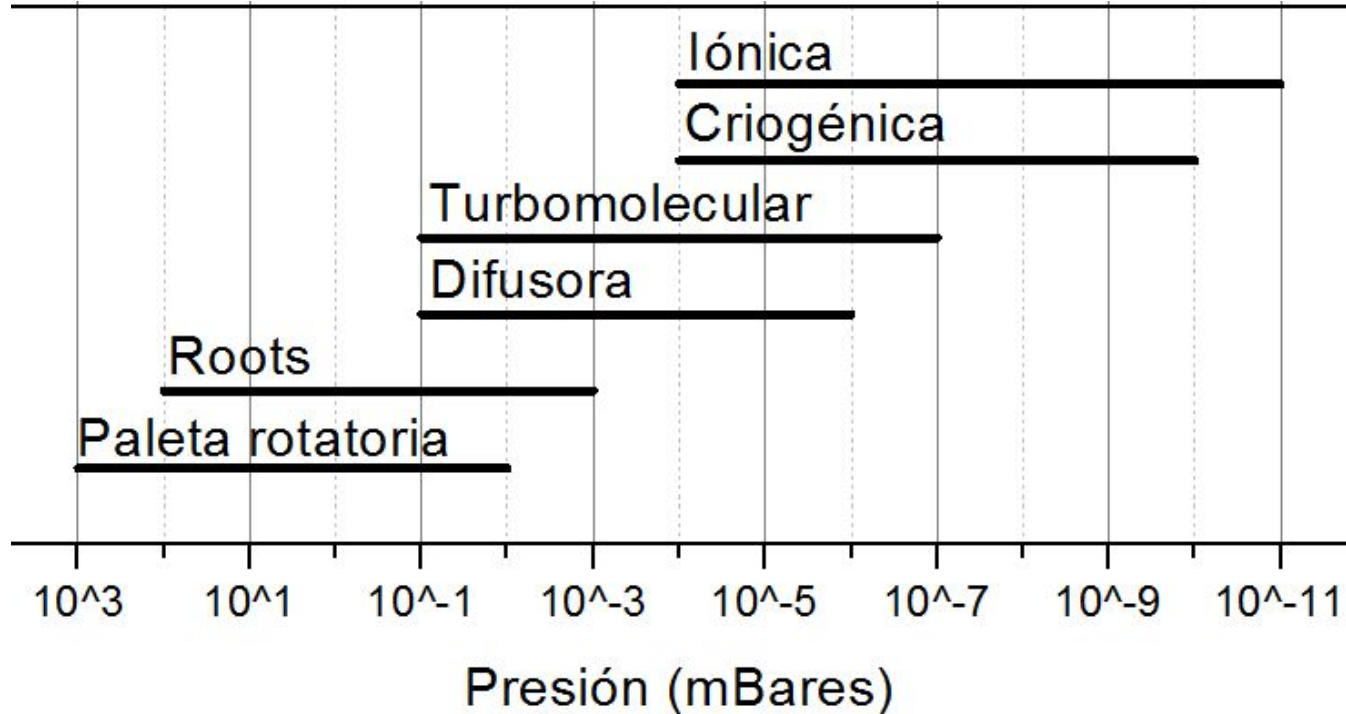
Utilizan otra propiedad para atrapar el gas y sacarlo de la cámara.

La bomba iónica utiliza la ionización del gas

Rango de  $10^{-4}$  mB a  $10^{-11}$  mB



# Rango de funcionamiento de las distintas bombas



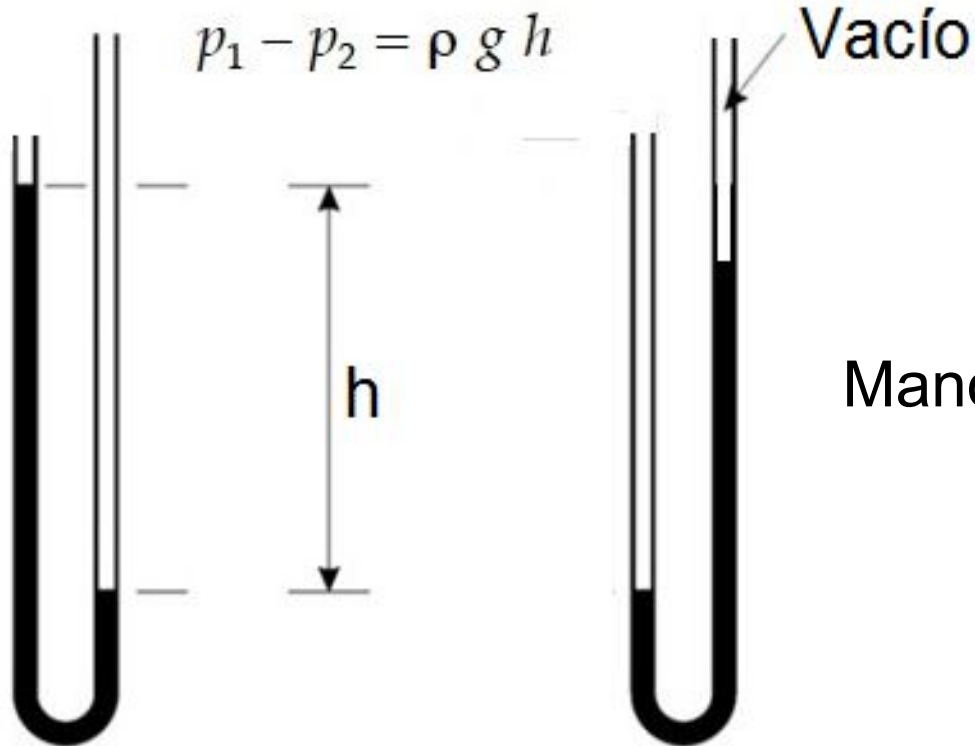
# Medición del vacío

---

Se mide la presión del gas en el interior de la cámara de extracción, utilizando diferentes manómetros:

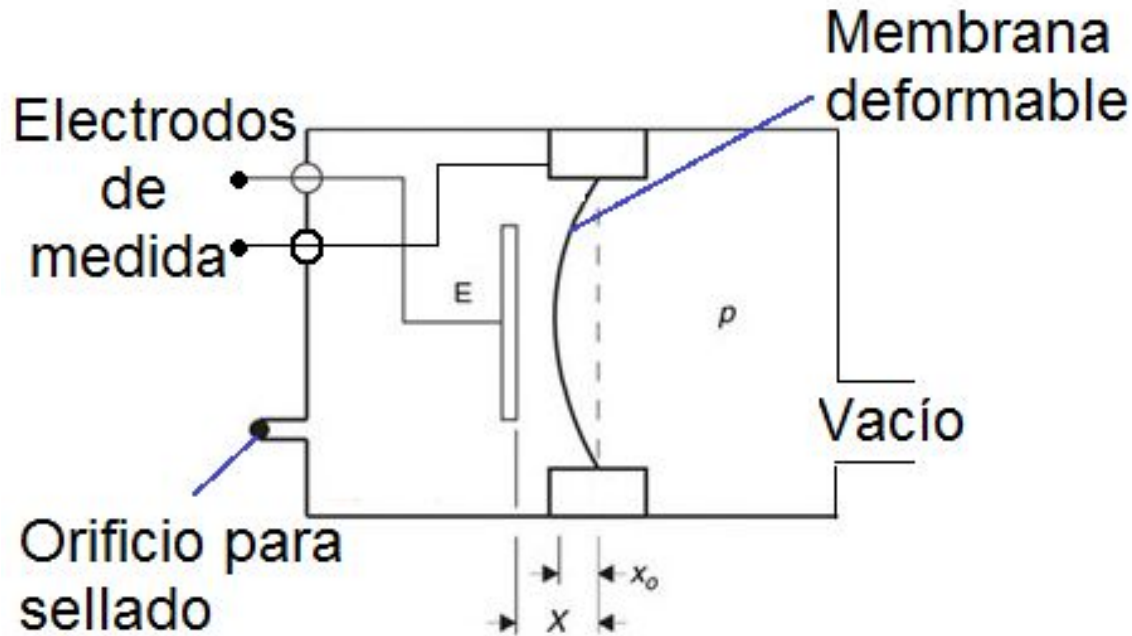
- Deformación elástica de una membrana o diafragma.
- Conductividad térmica de los gases.
- Grado de ionización del gas.

# Medición del vacío



Manómetro de Torricelli  
(1644)

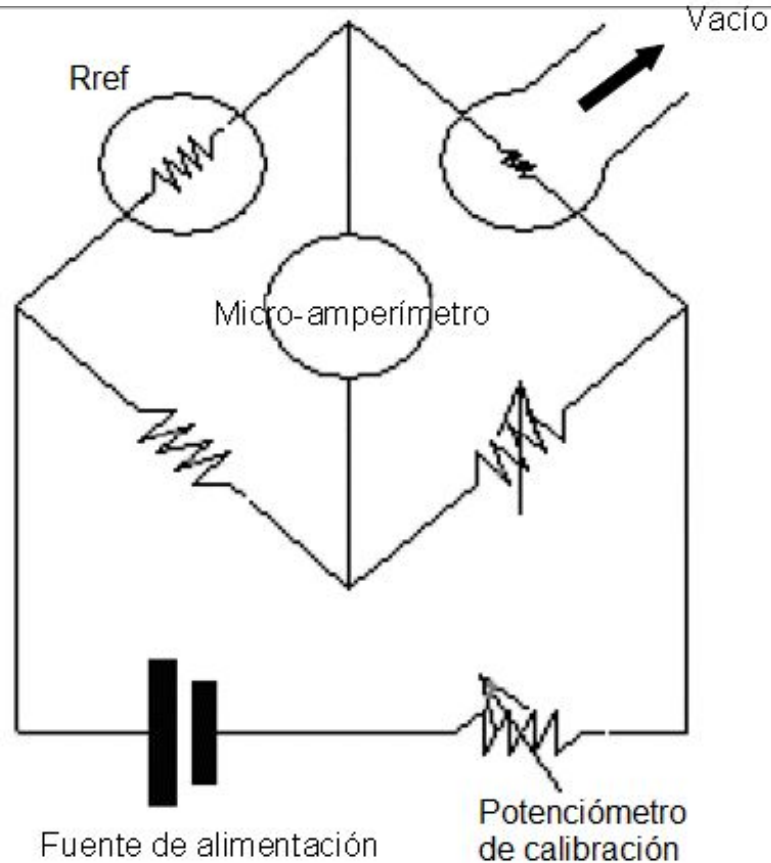
# Medición del vacío



Manómetro de capacitancia

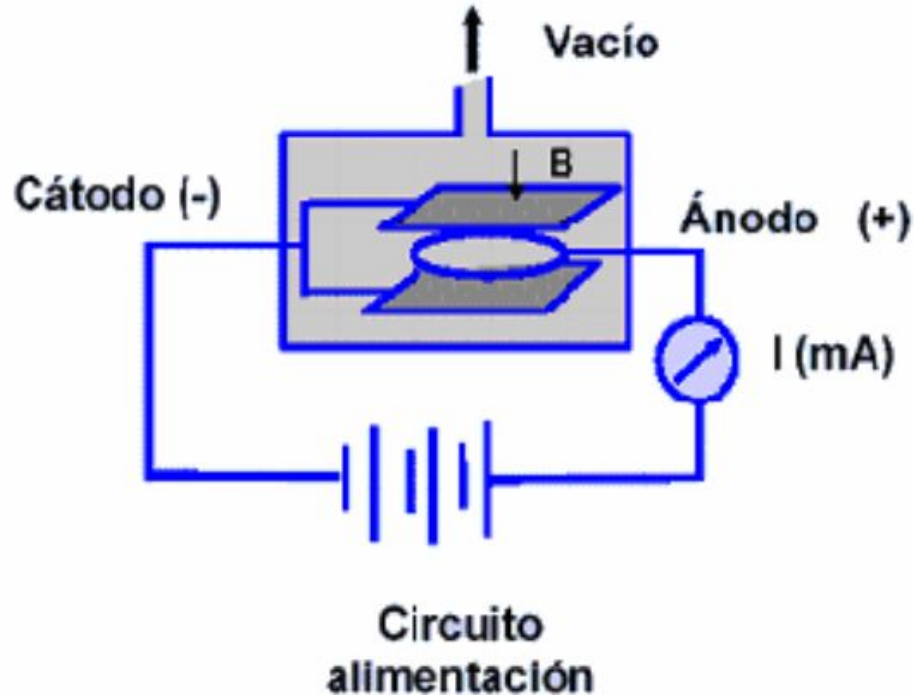
$$C = \frac{\epsilon A}{x - x_0}$$

# Medición del vacío



Manómetro de Pirani

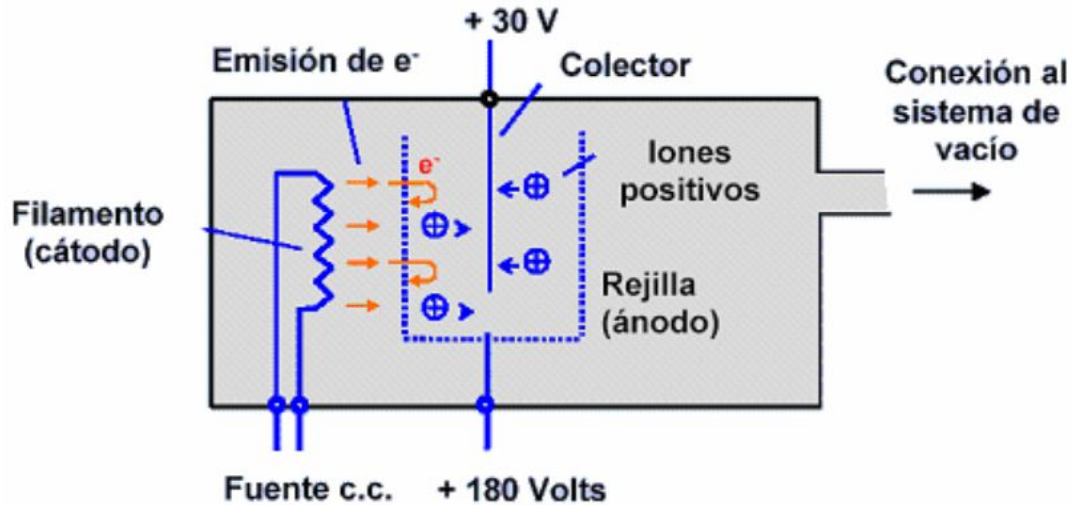
# Medición del vacío



Manómetro de ionización  
de cátodo frío

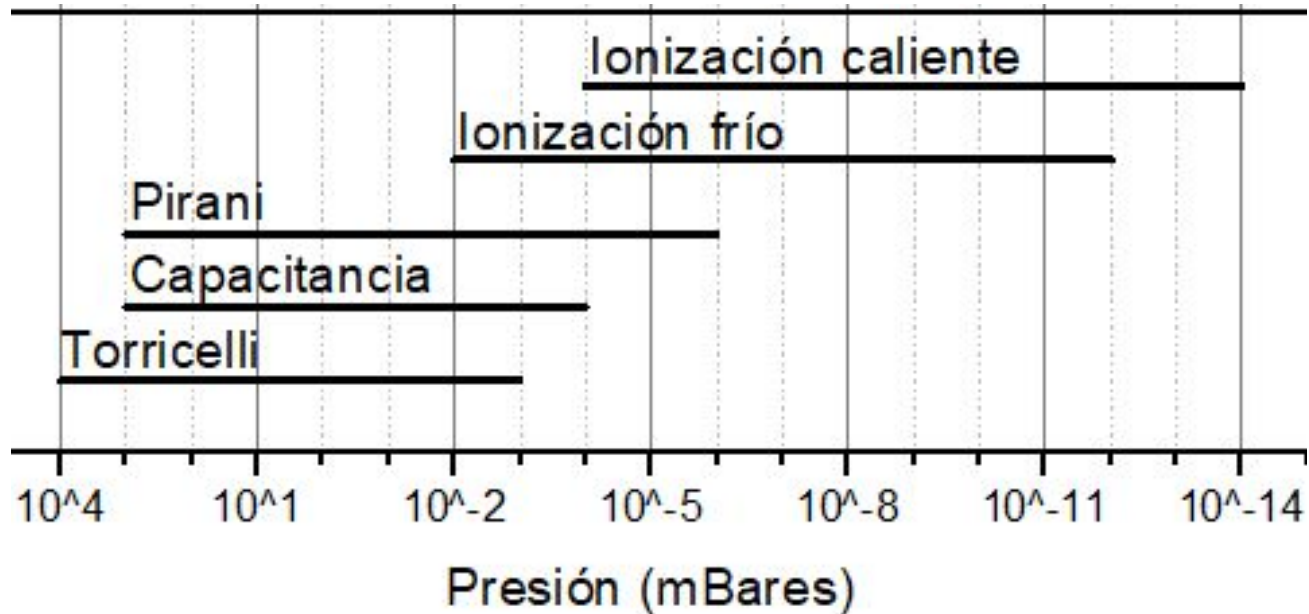


# Medición del vacío



Manómetro de ionización  
de cátodo caliente

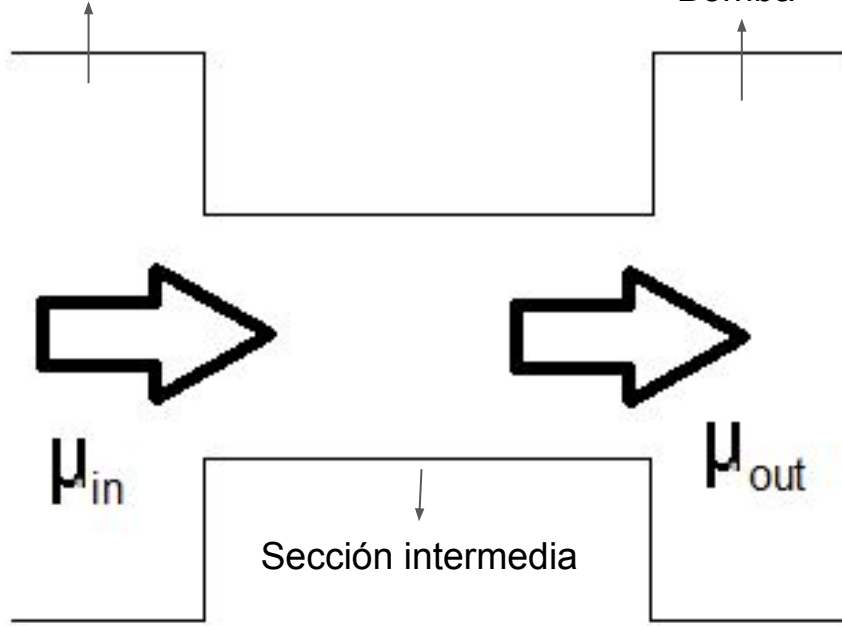
# Rango de funcionamiento de los manómetros



# Análisis de las mediciones

Cámara de vacío

Bomba



**CAUDAL**

$$\mu = \left. \frac{\partial m}{\partial t} \right|_A$$

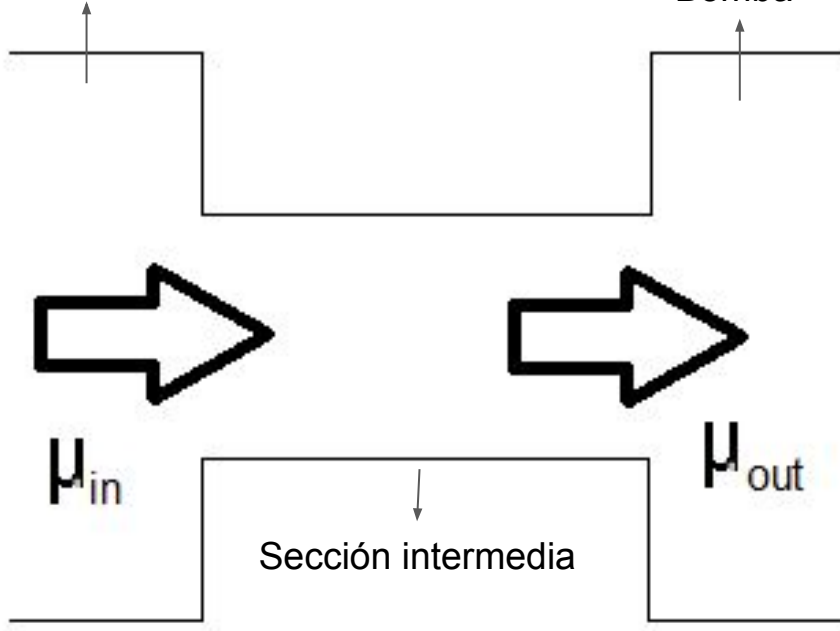
**VELOCIDAD DE BOMBEO**

$$S = \left. \frac{\partial V}{\partial t} \right|_A$$

# Análisis de las mediciones

Cámara de vacío

Bomba



$$\mu_{out} = -\mu_{in}$$

# Análisis de las mediciones

---

Asumiendo que el gas en la cámara de vacío es ideal:

$$m = \frac{MVp}{RT}$$

donde  $R$  es la constante universal de los gases,  $M$ , la masa molar, y  $m$ ,  $T$  y  $p$ , la masa, la temperatura y la presión del gas en el interior de la cámara, respectivamente.

# Análisis de las mediciones

---

Asumiendo que el gas en la cámara de vacío es ideal:

$$-\frac{MV}{R} \frac{\partial(p/T)}{\partial t} = \frac{MV}{RT} p S_{in} - L_{perd}(p_{out} - p) - \mu_D$$

# Análisis de las mediciones

---

Agregando la hipótesis de que la temperatura permanece constante:

$$-\frac{d(PV)}{dt} = PS_i - L_{perd} (P_{ext} - P) - Q_d$$

donde  $P$  es la densidad del gas (ideal) en la cámara en función del tiempo.

# Análisis de las mediciones

---

- Si  $P_{ext} \gg P_i$ : 
$$S_i \approx \frac{L_{perd} P_{ext} + Q_d}{P_f}$$

- Si la desorción y las pérdidas son despreciables frente al caudal que sale de la cámara:

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



# Análisis de las mediciones

---

- Si solo hay pérdidas: 
$$P(t) = (P_0 - P_{ext}) \exp\left(-\frac{L_{perd}}{V} t\right) + P_{ext}$$
- Si sólo hay desorción: 
$$P(t) = \frac{Q_d}{V} t + P_0$$
- Si hay tanto pérdidas como desorción,  $P(t)$  es la combinación de estas dos soluciones.

# Aplicaciones

---

## Industria:

- Empaquetado de alimentos.
- Extracción de silicio.
- Aislante térmico (termo).
- Detección de fugas de Helio.

## Investigación:

- Física de altas energías.
- Simulaciones espaciales.
- Espectrómetro de masas.
- Análisis de superficies.

# Referencia

---

Manuel Zamora Carranza

*“Termo I: Un estudio de los sistemas termodinámicos. Cap 32”*



***Gracias!***

*Para terminar, un vacío de verdad!*