



Este kit está diseñado y pensado para ser utilizado al laboratorio, a secundaria y bachillerato y con la supervisión de un adulto. Es excelente para mostrar reacciones químicas a una escala más pequeña de la habitual mediante jeringuillas.

Los reactivos son líquidos o soluciones acuosas; un sólido y un líquido, un gas y un líquido o dos gases. En cada reacción se tienen primero los reactivos por separado en cada una de las jeringas. Cuando interesa iniciar la reacción, se hace pasar uno de los reactivos hacia la jeringa donde está el otro. Se puede proceder lentamente o por etapas, de forma que se pueda controlar siempre la reacción y los productos formados. El montaje es muy conveniente para reacciones en las cuales se genera un gas. Es necesario haber hecho un cálculo previo de las cantidades de reactivos necesarias, de forma que el volumen de gas obtenido no sea superior a la capacidad de la jeringa. Como que el sistema permanece cerrado siempre, la masa total es invariable, cosa que se puede comprobar en cualquier momento del proceso, colocando el montaje en una balanza.

La APFQ promueve y recomienda este material con motivo de la celebración del año internacional de la química 2011.

## MANIPULACIONES CON JERINGAS

### Índice

- 1- Instrucciones generales para usar las jeringas
- 2- Reacciones químicas de obtención de algunos gases y comprobación de la conservación de la masa
  - Obtención de  $H_2$
  - Obtención de  $O_2$
  - Obtención de  $CO_2$
  - Obtención de óxidos de nitrógeno ( $NO_2$  i  $N_2O_4$ )
- 3- Propiedades de los gases obtenidos
  - Explosión de hidrógeno
  - El oxígeno permite las combustiones
  - El  $CO_2$  da soluciones ácidas y enturbia el agua de cal
- 4- Algunas reacciones con los gases obtenidos
  - Reacción entre el  $CO_2$  y una solución básica
  - Pompa de jabón explosiva
  - $NH_3$  y  $HCl$  reaccionan formando un sólido
- 5- Seguimiento de un cambio químico. Cinética de una reacción
  - Reactivo limitante
  - Acción de una enzima. Velocidad de reacción (sensor de presión)
  - Velocidad de disolución del  $CO_2$  en agua y en soluciones básicas (sensor de presión)
  - Solubilidad del amoníaco y del cloruro de hidrógeno (sensor de presión)
- 6- Equilibrio químico con los óxidos de nitrógeno
- 7- Determinación de la densidad de un gas
  - Densidad del aire
  - Densidad del  $CO_2$  y del butano
- 8- Determinación de la masa molar de un gas por el método de Avogadro
- 9- Ley de Boyle-Mariotte (sensor de presión)
- 10- Algunos otros experimentos posibles con el equipo
  - Licuación del butano
  - La temperatura de ebullición depende de la presión

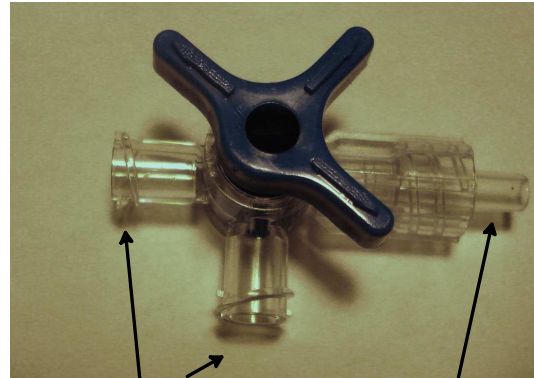
Manipulación	Nivel			Bloques de contenidos							La realiza (P: profesor E: Estudiante)
	ESO (12-14)	ESO (14-16)	Bachillerato	Propiedades físicas de los gases	Propiedades químicas de los gases	Reacciones químicas	Ácidos y bases	Leyes de los gases	Cinética química	Equilibrio químico	
Obtención de H <sub>2</sub>		x	x			x					E
Obtención de O <sub>2</sub>		x	x			x					E
Obtención de CO <sub>2</sub>		x	x			x					E
Obtención de óxidos de nitrógeno			x			x					P
Explosión de hidrógeno		x	x		x						E(*)
Reconocimiento del oxígeno	x	x	x		x						E
El CO <sub>2</sub> es un óxido ácido	x	x	x		x	x	x				E
Reacción entre el CO <sub>2</sub> y una solución básica		x	x		x	x	x				E
Pompa de jabón explosiva		x	x		x						P
NH <sub>3</sub> y HCl reaccionan formando un sólido			x				x				E
Reactivo limitante		x	x			x					E
Acción de una enzima. Velocidad de reacción (Multilog)			x						x		E
Velocidad de disolución del CO <sub>2</sub> en agua y en soluciones básicas (Multilog)			x		x				x	x	E
Solubilidad del amoníaco y del cloruro de hidrógeno (Multilog)			x			x	x		x	x	E
Equilibrio químico con los óxidos de nitrógeno			x							x	E
Densidad del aire	x	x		x							E
Densidad del CO <sub>2</sub> y del butano	x	x	x	x							E
Determinación de la masa molar de un gas según el método de Avogadro			x	x				x			E
Ley de Boyle-Mariotte (Multilog)		x	x					x			E
Licuación del butano			x	x						x	P
La temperatura de ebullición depende de la presión		x	x							x	E

E(\*) ¡Con precauciones!

# 1- Descripción de los elementos del kit. Instrucciones generales para usar las jeringas

## La llave de tres vías

Observar las flechas dibujadas en los brazos, indican hacia donde está abierta la conexión:



conexión para jeringa

conexión para sensor de presión

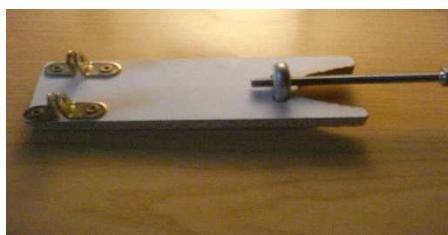
## Cómo conectar las jeringas



A la izquierda: la llave conecta las dos jeringas. A la derecha: la llave cierra el paso de las dos jeringas a la vez.

Dos jeringas grandes se conectan entre sí mediante con llave de tres vías. Lo mismo si es una jeringa grande y una de pequeña o dos de pequeñas. Es importante asegurarse que la conexión entre ellas es buena: si se empuja uno de los émbolos, el otro debe desplazarse el mismo volumen.

## El dispositivo para inmovilizar o para presionar



Permite hacer reacciones a volumen constante, al impedir el tornillo la expansión del émbolo y mantener simultáneamente fija la jeringa. Si se va atornillando el tornillo, se puede aumentar lentamente la presión del gas contenido en la jeringa.

### Inmovilización del émbolo:



En algunas reacciones a volumen constante se necesario que el émbolo no se mueva para comprimiendo. Hace falta, en estos casos, hacer un agujero pequeño en el eje del émbolo, para poder pasar un clavo u otro objeto rígido y resistente.

### Utilidad del conjunto

Sirve para reacciones químicas en las cuales los reactivos son líquidos o soluciones acuosas; un sólido y un líquido, un gas y un líquido o dos gases. En cada reacción se tienen primero los reactivos por separado en cada una de las jeringas. Cuando interesa iniciar la reacción, se hace pasar uno de los reactivos hacia la jeringa dónde está el otro. Se puede proceder lentamente o por etapas, de manera de controlar siempre la reacción y los productos formados. El montaje es muy conveniente para reacciones en las cuales se genera un gas. Es necesario haber hecho un cálculo previo de las cantidades de reactivos necesarias, de forma que el volumen de gas obtenido no sea superior a la capacidad de la jeringa. Como el sistema permanece cercado siempre, la masa total es invariable, cosa que se puede comprobar en cualquier momento del proceso, colocando el montaje sobre el platillo de una balanza

### **Precauciones antes y después de usar las jeringas.**

Debido a que se usarán un número elevado a veces se necesario lubricar-las previamente. Basta disponer de un poco de gel de vaselina o de aceite de silicona y depositar una pequeña cantidad en el extremo superior del cilindro o del émbolo de la jeringa

AL acabar cualquier reacción hace falta vaciarlas, lavarlas con abundante agua y secarlas por dentro, con papel. La llave de tres vías, se lava con agua y se seca con papel.

Se guardan con el émbolo en la parte superior, nunca deben guardarse con el émbolo hundido, pues al secarse la goma se imposibilita el movimiento.

Cuando algún de los reactivos o productos sea corrosivo para los elementos de las jeringas, conviene tenerlo un tiempo corto, esto puede pasar en la obtención de los óxidos de nitrógeno al estudiar el equilibrio químico. No es grave, si se tienen en cuenta las precauciones antes mencionada y no habrá ningún problema en la reutilización posterior de las jeringas.

## 2- Reacciones químicas de obtención de algunos gases y comprobación de la conservación de la masa

### Obtención de gas hidrógeno.

#### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL  
Llave de tres vías

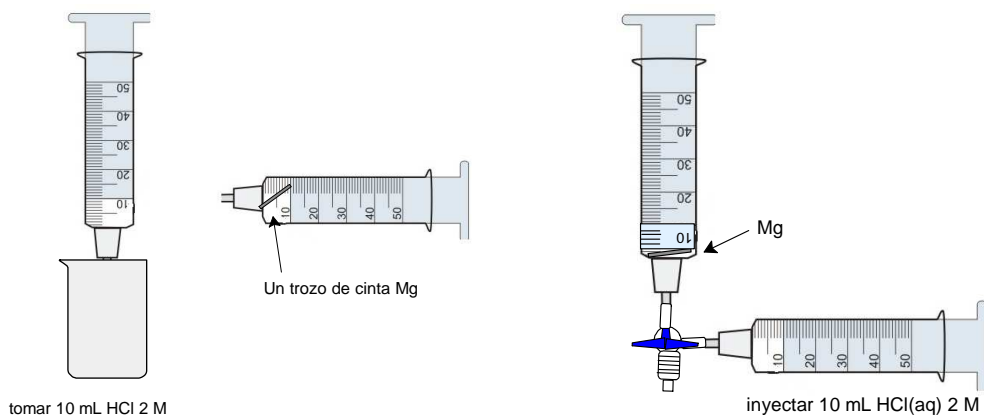
#### Reactivos:

Magnesio (cinta)  
HCl, 2,0 mol/L

**Usar gafas de seguridad**



La cinta de magnesio *PANREAC*<sup>®</sup> tiene una densidad lineal de 1,42 g/m  
Con 0,014 g Mg (1,0 cm de cinta) se obtienen unos 14 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> en condiciones estándar



Cada centímetro de cinta de magnesio *PANREAC*<sup>®</sup> permite obtener unos 14 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>. Se recomienda un trozo de unos 3 cm o 3,5 cm de Mg.

Una vez conectadas las dos jeringas, se inyecta lentamente 10 mL del ácido a la jeringa que contiene el magnesio.

Cerrar la conexión entre las dos jeringas (ver las "instrucciones generales")

Se puede observar cómo se desplaza el émbolo de la jeringa donde hay el magnesio a medida que se genera el gas H<sub>2</sub>.

#### ¿Qué se puede hacer después?

- Razonar qué productos se han obtenido en la reacción: Abrir la llave de tres vías, de manera de conectar de nuevo las dos jeringas. Absorber el líquido que contiene la jeringa donde se ha generado el gas. Cerrar de nuevo la conexión. Se puede evaporar el líquido para comprobar que se ha formado un sólido blanco: es el cloruro de magnesio.
- Observar alguna de las propiedades del gas hidrógeno. Ver "Explosión de gas hidrógeno"
- Si además se tiene una jeringa con gas oxígeno, se puede formar una pompa de jabón explosiva. Ver "Pompa de jabón explosiva"

Y relacionado con esta reacción:

-Ver: "Reactivo limitante"

### Obtención de gas oxígeno.

### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL

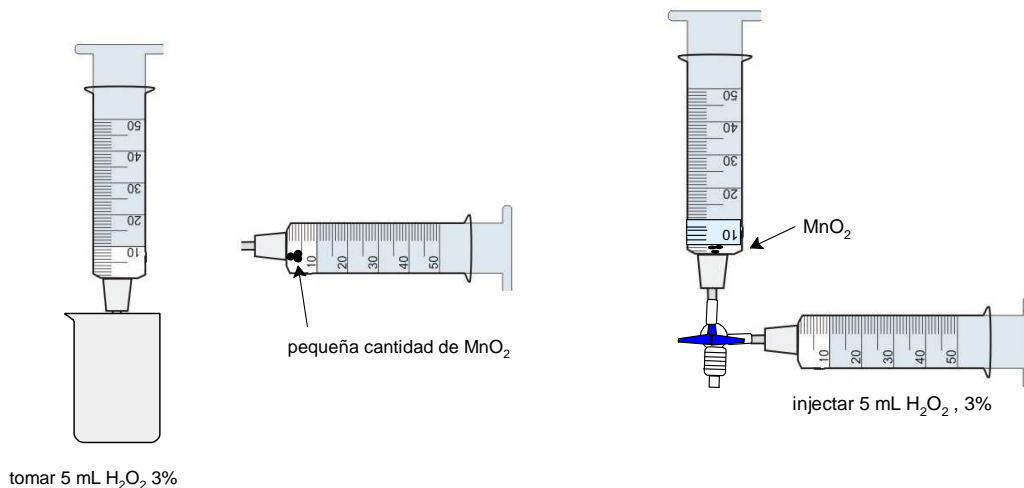
Llave de tres vías

### Reactivos:

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%

MnO<sub>2</sub>(s) (catalizador)

**Usar gafas de seguridad**



Controlar que el MnO<sub>2</sub>, en polvo, no obturo el paso del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> líquido

La solución comercial de peróxido de hidrógeno (“agua oxigenada”) de las farmacias es del 3% o de 10 volúmenes, que significa que, en condiciones normales, 1 volumen de “agua oxigenada” genera 10 volúmenes de O<sub>2</sub>

Una vez conectadas las dos jeringas, se inyectan lentamente 5 mL de la solución de peróxido de hidrógeno en la jeringa que contiene el catalizador.

Cerrar la conexión entre las dos jeringas (ver las “instrucciones generales”)

Se puede observar cómo se desplaza el émbolo de la jeringa que contiene el catalizador al generarse el gas O<sub>2</sub>.

### ¿Qué se puede hacer después?

- Observar alguna de las propiedades del gas oxígeno. Ver “Reconocimiento del oxígeno”
- Si además se tiene una jeringa con gas hidrógeno, se puede formar una pompa de jabón explosiva. Ver “Pompa de jabón explosiva”

Y relacionado con esta reacción:

- Ver “Acción de una enzima, la catalasa”

## **Obtención de dióxido de carbono.**



### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL

Llave de tres vías

### Reactivos:

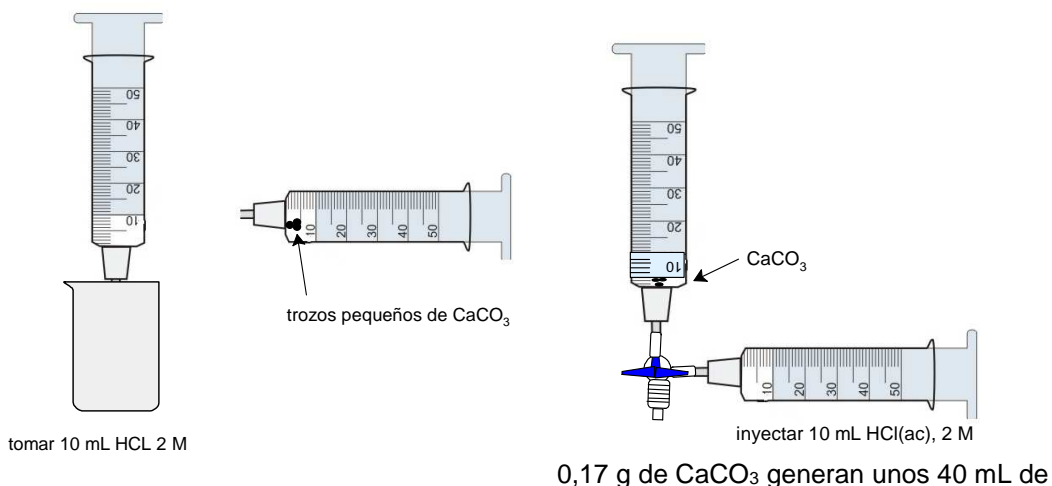
$\text{CaCO}_3(\text{s})$  en trozos

$\text{HCl}$ , 2,0 mol/L

**Usar gafas de seguridad**



Alternativa: Vinagre +  $\text{NaHCO}_3$



$\text{CO}_2$  en condiciones estándar.

Para el carbonato de calcio se puede usar mármol o conchas de la playa en trozos pequeños.

Si se utiliza vinagre comercial del 6%, el líquido tiene una concentración en ácido acético de  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Para obtener unos 40 mL de  $\text{CO}_2$ , se pueden usar unos 15 mL de vinagre del 6%

### ¿Qué se puede hacer después?

- Observar las propiedades ácidas del gas carbónico: ver “El  $\text{CO}_2$  es un óxido ácido”
- Hacer reaccionar el  $\text{CO}_2$  obtenido con una solución básica: ver “reacción entre el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{NaOH}$ ”.
- Inyectar el  $\text{CO}_2$  obtenido en una solución de hidróxido de calcio (agua de cal), para comprobar que se enturbia.
- Estudiar la velocidad de disolución del  $\text{CO}_2$  en agua y en soluciones básicas: ver “Velocidad de disolución del  $\text{CO}_2$  en agua y en soluciones básicas (Sensor de presión)”

Y relacionado con esta reacción:

- Ver “Determinar la densidad del  $\text{CO}_2$ ”

## Obtención de los óxidos de nitrógeno. $\text{NO}_2$ , $\text{N}_2\text{O}_4$

**¡PARA ESTA REACCIÓN HAY QUE TOMAR PRECAUCIONES ESPECIALES!**

**Usar guantes y gafas de seguridad.**

Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL

Llave de tres vías

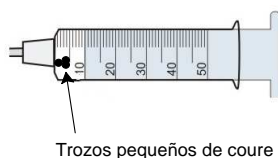
Reactivos:

HNO<sub>3</sub> 65% en masa

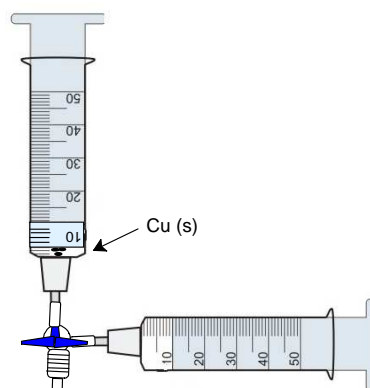
Cu



tomar 10 mL HNO<sub>3</sub> conc.



Trozos pequeños de cobre



inyectar lentamente, primero 5 mL HNO<sub>3</sub> conc.

Una de las jeringas contiene pequeños trozos de cobre (por ejemplo, hilo de cobre), la otra unos 10 cm<sup>3</sup> de HNO<sub>3</sub> concentrado. Se inyecta lentamente el ácido en la jeringa que contiene el cobre, Primero unos 5 mL y se cierra la llave que comunica las dos jeringas. Hay que poner especial atención en que el volumen de gases no sobrepase los 40 mL. Se repite el proceso, con una tercera jeringa con más trozos de cobre. De manera de tener dos jeringas con la mezcla de óxidos de nitrógeno.

**¿Qué se puede hacer después?**

- Con la mezcla de óxidos de nitrógeno, se estudia el equilibrio químico entre los gases NO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Ver "Equilibrio químico con los óxidos de nitrógeno"

**Eliminación de los residuos**

Una vez desenroscada la llave de tres vías, se introduce el extremo de la jeringa que contiene la mezcla de óxidos de nitrógeno, en un vaso con agua. Al ser estos óxidos muy solubles en agua, se inyectan lentamente los gases en el agua y después se vierte, dejando correr agua en abundancia.

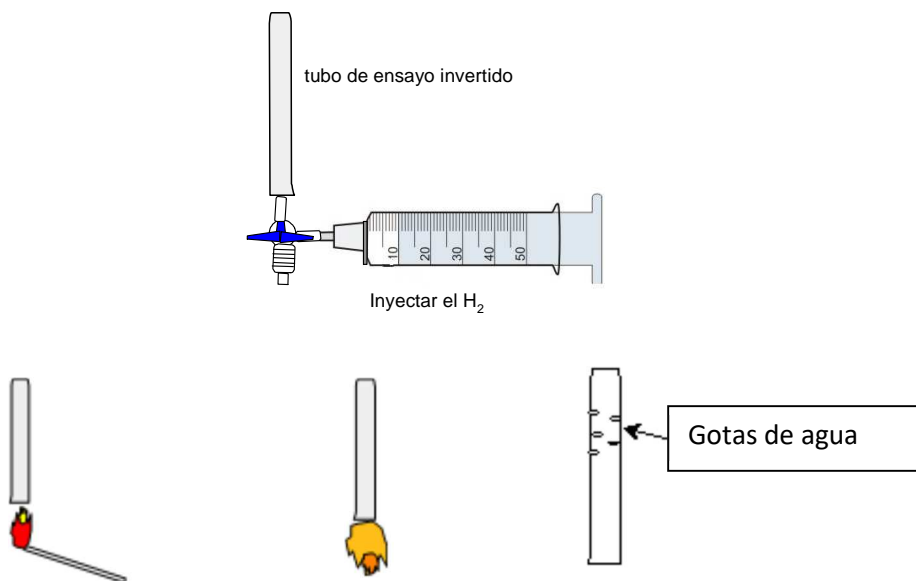
### 3- Propiedades de los gases obtenidos

#### Explosión de gas hidrógeno

Este experimento debe hacerse a continuación de “Obtención de gas hidrógeno”

#### Usar gafas de seguridad

Una vez obtenido el  $H_2(g)$ , se traslada el gas a un tubo de ensayo. Primero sólo  $10\text{ cm}^3$ . Al acercar una llama, se produce una pequeña explosión y se forman micro gotas de agua. Se repite varias veces el experimento, variando el volumen de gas inyectado

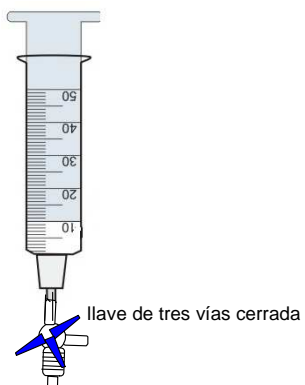


#### Reconocimiento del oxígeno.

Este experimento debe hacerse a continuación de “Obtención de gas oxígeno”

#### Usar gafas de seguridad

La jeringa debe estar casi llena de gas  $O_2$ . Estirar muy lentamente el émbolo de la jeringa que contiene el gas oxígeno hasta sacarlo: la jeringa contiene oxígeno. Introducir un palillo con una punta en ignición y observar cómo se aviva la llama.



#### El $CO_2$ es un óxido ácido

Este experimento debe hacerse a continuación de “Obtención de dióxido de carbono”

**Usar gafas de seguridad**

Preparar un vaso de precipitados con agua y un indicador que cambie de color al pasar de un pH 8 a un pH de 5 aproximadamente, por ejemplo, fenolftaleína o azul de bromotimol. Inyectar el contenido de la jeringa con  $\text{CO}_2$  y observar cómo se produce un cambio en el color del indicador: la solución pasa a medio ácido.

## 4- Algunas reacciones con los gases obtenidos

### Reacción entre el CO<sub>2</sub> y el NaOH

#### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL

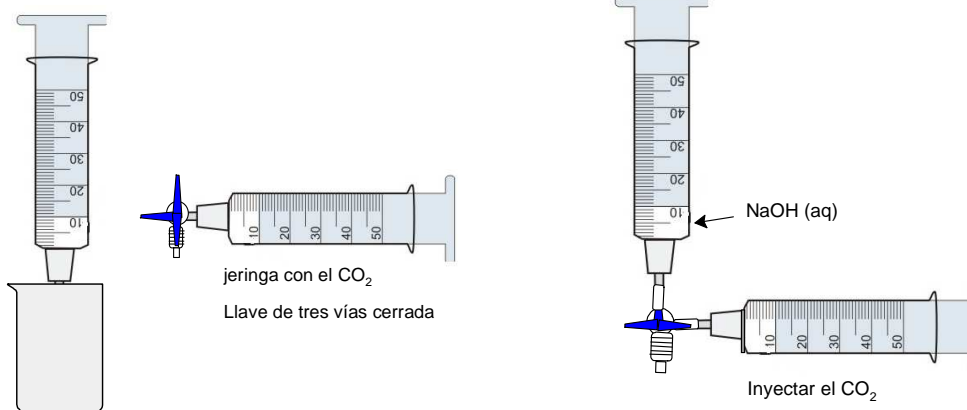
Llave de tres vías

#### Reactivos:

CO<sub>2</sub>

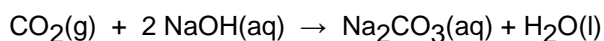
NaOH 2 mol/L

**Usar gafas de seguridad**



Tomar 10 mL NaOH 2 M

Se hace pasar el gas a la jeringa que contiene la solución de NaOH. Se observa que el volumen de gas disminuye hasta cero, al reaccionar con el NaOH.



### Pompa de jabón explosiva

**¡PARA ESTA REACCIÓN HAY QUE TOMAR PRECAUCIONES ESPECIALES!**

**Usar gafas de seguridad.**

Se debe disponer de dos jeringas una con gas hidrógeno (Ver "Obtención de gas hidrógeno") y otra con gas oxígeno (Ver "Obtención de O<sub>2</sub>")

Preparar una pequeña cantidad de una solución jabonosa, Inyectar los dos gases, en la solución jabonosa, de manera que se formen unas pompas de jabón.

Acercar una cerilla encendida: se produce una explosión

El amoníaco y el cloruro de hidrógeno: dos gases que reaccionan para formar un sólido

Dos jeringas de 60 mL  
Llave de tres vías

Reactivos:  
 $\text{NH}_3$  (33%)  
 $\text{HCl}$  (37%)



**¡PARA ESTA REACCIÓN HAY QUE TOMAR PRECAUCIONES ESPECIALES!**  
**Usar gafas y guantes de seguridad.**

La primera parte de llenado de las jeringas debe hacerse en una vitrina con extractor o en un lugar con buena ventilación. Evitar respirar los gases.

Cada una de las jeringas se llena con un de los gases, colocándola en el frasco sea de amoníaco (solución concentrada al 20%) o de ácido clorhídrico (solución concentrada al 37%).



Levantar el émbolo lentamente, para que se llene con los gases. El contenido no es de  $\text{NH}_3$  puro o de  $\text{HCl}$  puro, también hay importantes cantidades de aire y de vapor de agua. Colocar la llave de conexión de las dos jeringas. Inyectar lentamente el contenido de la jeringa llenada en el frasco de amoníaco en la otra: se forma una nube de un sólido blanco, es el cloruro de amonio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y el volumen total disminuye.

## 5- Seguimiento de un cambio químico. Cinética de una reacción

Reactivo limitante

### Material del equipo

Una jeringa de 60 mL  
Una jeringa de 10 mL  
Llave de tres vías

### Reactivos:

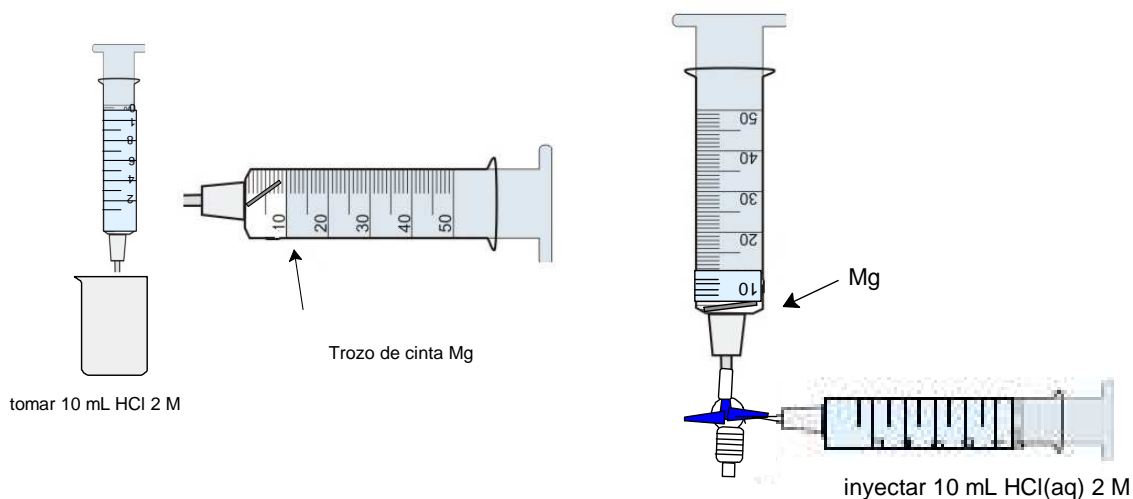
Magnesio (cinta)  
HCl, 2,0 mol/L



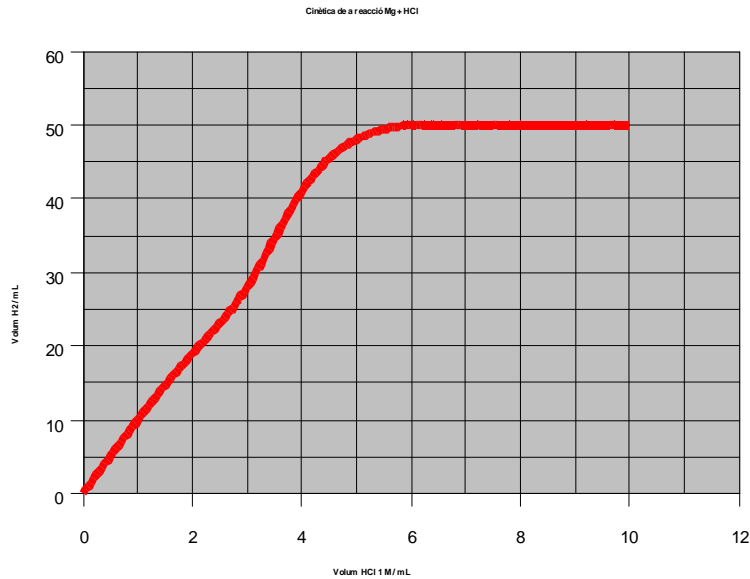
### Usar gafas de seguridad

La cinta de magnesio *PANREAC*<sup>®</sup> tiene una densidad lineal de 1,42 g/m  
Con 0,014 g Mg (1,0 cm de cinta) se obtienen unos 14 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> en condiciones estándar

La diferencia entre este experimento y el de “Obtención de gas hidrógeno” está en que ahora, el ácido clorhídrico se inyectará de 1 mL en 1 mL, esperando cada vez a que finalice la formación de gas. Por ello es necesaria una jeringa grande para recoger el gas y leer el volumen generado y una jeringa pequeña de 10 mL para inyectar el ácido de mL en mL.



Los datos se recogen en una tabla de datos y se traza la curva volumen de gas en función del volumen de solución empleado. La curva muestra una inflexión y se estabiliza cuando el reactivo limitante (el magnesio) se ha agotado



Acción de una enzima. Velocidad de reacción (Debe usarse un

sensor de presión)

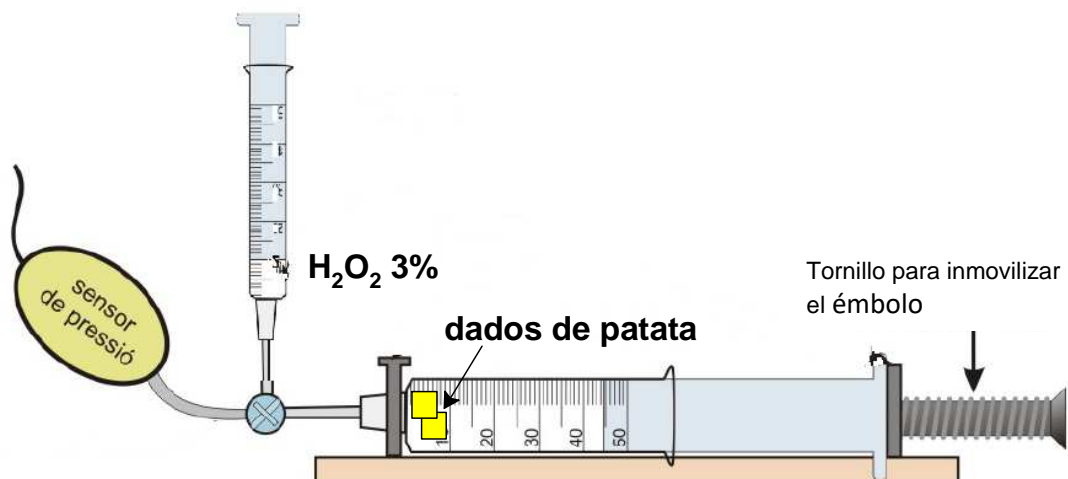
Material del equipo

- Una jeringa de 60 mL
- Una jeringa de 10 mL
- Llave de tres vías
- Dispositivo para inmovilizar

Sensor de presión y equipo de captación de datos

Reactivos:

- $H_2O_2$  3% (equivalente a 10 volúmenes de  $O_2$ )
- Tres dados de patata de 0,5 cm de lado (la patata contiene la enzima catalasa)



Montar las dos jeringas de manera que queden en posición horizontal sobre la mesa de trabajo. El tubo del sensor de presión debe colocarse de manera que quede vertical respecto a las jeringas, para evitar que entre líquido en el tubo.



Con la jeringa pequeña, se succionan 10 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 3% (10 volúmenes).

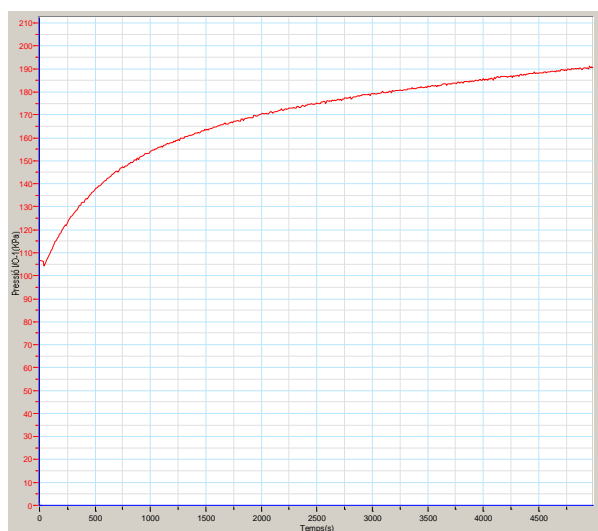
Unos tres o cuatro dados de patata de unos 0,5 cm de lado son suficientes como catalizador. Estos se ponen dentro la jeringa que debe quedar inmobilizada. Dejar el émbolo de la jeringa en la posición de 40 mL de forma que cuando se inyecten 10 mL de agua oxigenada, el émbolo se desplace hasta los 50 mL y tope con el tornillo que debe mantener fijado.

Conectar las jeringas con la llave de tres vías y esta con el sensor de presión.

Poner en marcha el sistema de captura de datos del sensor de presión. Colocar la llave de tres vías en posición de comunicar las dos jeringas e inyectar los 10 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Inmediatamente, cambiar la posición de la llave, de forma que comunique la jeringa grande con el sensor de presión. Procurar que el tubo transparente del sensor de presión esté en posición vertical para evitar la entrada de líquido al tubo del sensor.

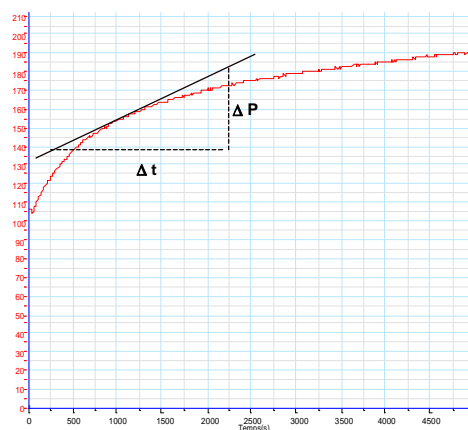
Dejar pasar el tiempo e ir observando la gráfica de la presión en función del tiempo. Parar la captación de datos cuando la presión se haya estabilizado.

Gráfica obtenida:



El experimento debe durar como mínimo una hora de captación de datos (incluso hasta 2,5 horas)

La gráfica obtenida marca la evolución de la presión (gas oxígeno generado) en función del tiempo. La velocidad de la reacción es la derivada de la concentración de un componente de la reacción (el oxígeno en este caso) respecto del tiempo. Para calcular la velocidad de reacción en un instante, hace falta encontrar la tangente a la curva en el punto correspondiente al instante de tiempo que interese. La figura muestra cómo encontrar la velocidad de reacción para el instante 1200



Cómo calcular la velocidad de la reacción para  $t = 1200$  s, trazando la tangente y calculando la pendiente de la recta.

## Velocidad de disolución del $\text{CO}_2$ en agua (Debe usarse un sensor de presión)

### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL. Una de ellas debe tener el émbolo con la posibilidad de quedar inmobilizado (Ver "Instrucciones generales")

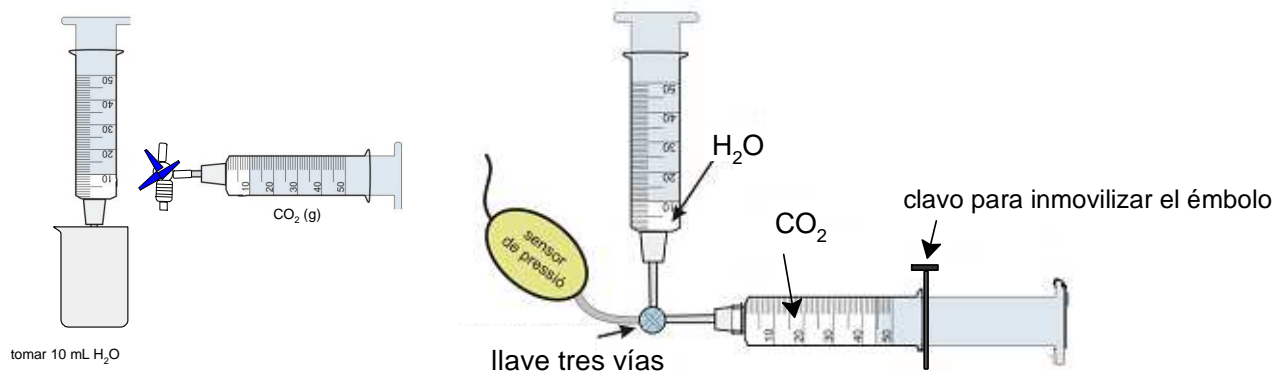
Llave de tres vías

Sensor de presión y equipo de captación de datos

### Reactivos:

$\text{CO}_2$

Agua destilada previamente hervida y enfriada



Montar las dos jeringas de forma que queden en posición horizontal a la mesa de trabajo. El tubo transparente del sensor de presión se debe colocar de forma que quede vertical respecto a las jeringas, esto evitará que entre líquido en el tubo. Se empieza por succionar 10 mL de H<sub>2</sub>O destilada que previamente se habrá hervido y dejado enfriar por eliminar el posible dióxido de carbono disuelto.

Conectar las jeringas con la llave de tres vías y esta con el sensor de presión. Poner en marcha la captación de datos. Poner la llave de tres vías en posición de comunicar las dos jeringas e inyectar los 10 mL de H<sub>2</sub>O. Inmediatamente, hay que cambiar la posición de la llave, de forma que comunique la jeringa grande con el sensor de presión. Procurar que el tubo transparente del

sensor de presión esté en posición vertical por evitar la entrada de líquido al tubo del sensor. Dejar pasar el tiempo e ir observando la gráfica de la presión en función del tiempo. Parar la captación de datos cuando la presión se haya estabilizado.

Gráfica obtenida:



Velocidad de disolución del  $\text{CO}_2$  en solución de  $\text{NaOH}$  (Debe usarse un sensor de presión)

#### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL. Una de ellas debe tener el émbolo con la posibilidad de quedar inmobilizado (Ver "Instrucciones generales")

Llave de tres vías

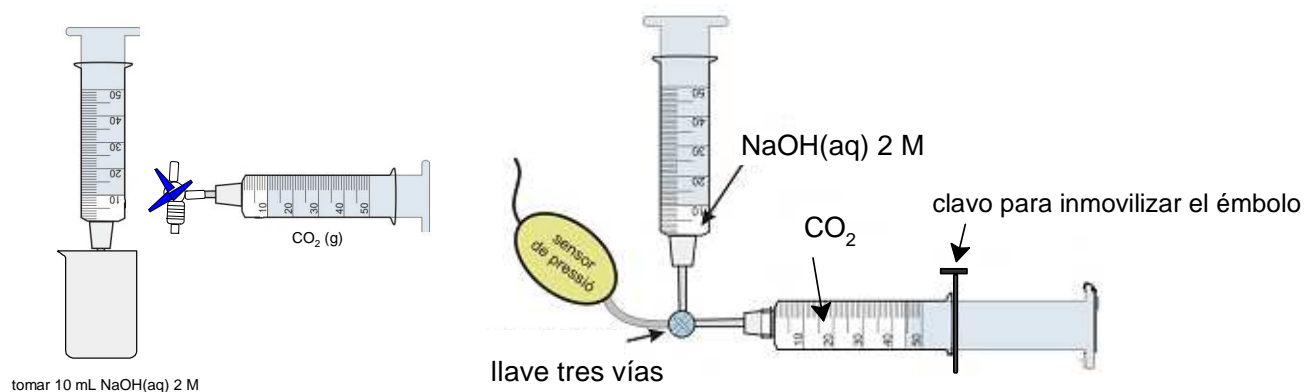
Sensor de presión y equipo de captación de datos

#### Reactivos:

$\text{CO}_2$

$\text{NaOH(aq)}$ , 2 M

#### Usar gafas de seguridad



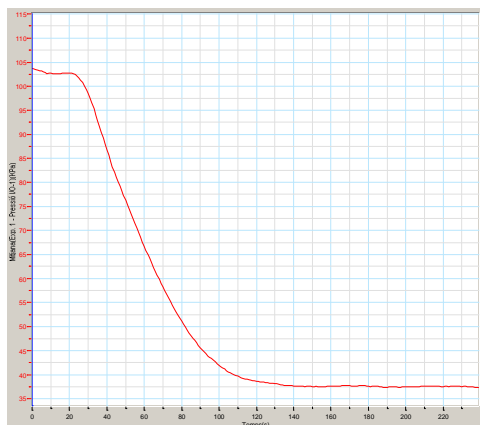
Montar las dos jeringas de forma que queden en posición horizontal a la mesa de trabajo. El tubo transparente del sensor de presión se debe colocar de forma que quede vertical respecto a las jeringas, esto evitará que entre líquido en el tubo.

Se empieza por succionar 10 mL de  $\text{NaOH(aq)}$ , 2M.

Conectar las jeringas con la llave de tres vías y esta con el sensor de presión. Poner en marcha la captación de datos. Poner la llave de tres vías en posición de comunicar las dos jeringas e inyectar los 10 ML de NaOH(aq). Inmediatamente, hay que cambiar la posición de la llave, de forma que comunique la jeringa grande con el sensor de presión. Procurar que el tubo transparente del sensor de presión esté en posición vertical para evitar la entrada de líquido al tubo del sensor.

Dejar pasar el tiempo e ir observando la gráfica de la presión en función del tiempo. Parar la captación de datos cuando la presión se haya estabilizado.

Gráfica obtenida:



Solubilidad del amoníaco y del cloruro de hidrógeno (Debe usarse un sensor de presión)

#### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL. Una de ellas debe tener el émbolo con la posibilidad de quedar inmovilizado (Ver "Instrucciones generales")

Llave de tres vías

Sensor de presión y equipo de captación de datos

#### Reactivos:

NH<sub>3</sub>(g) y HCl(g)

Agua destilada

**Usar gafas de seguridad y guantes**

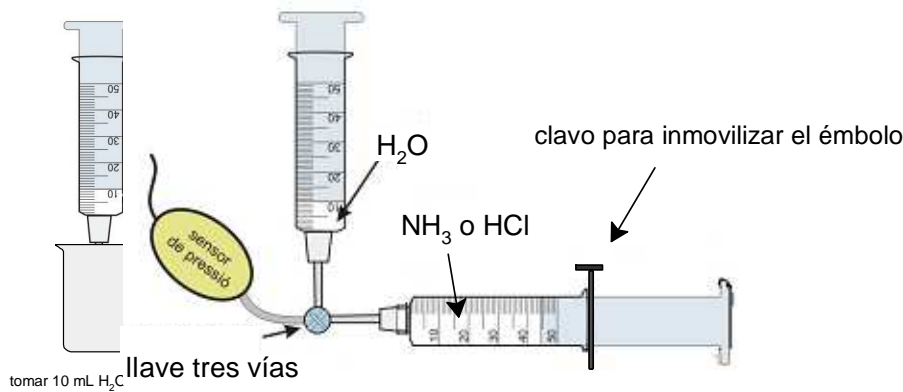


Por estudiar la solubilidad de cualquiera de estos dos gases, primero cada una de las jeringas se llena con uno de los gases, colocándola en el frasco sea de amoníaco (solución concentrada al 20%) o de ácido clorhídrico (solución concentrada al 37%).

**El experimento debe hacerse primero con uno de los dos gases y posteriormente con el otro. No deben realizarse simultáneamente las dos manipulaciones.**



Se levanta el émbolo lentamente, para que se llene con los gases. El contenido no es de  $\text{NH}_3$  puro o de  $\text{HCl}$  puro, también hay importantes cantidades de aire y de vapor de agua.



Montar las dos jeringas de forma que queden en posición horizontal a la mesa de trabajo. El tubo transparente del sensor de presión se debe colocar de forma que quede vertical respecto a las jeringas, esto evitará que entre líquido en el tubo. Se empieza por succionar 10 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada

Conectar las jeringas con la llave de tres vías y esta con el sensor de presión. Poner en marcha la captación de datos. Girar la llave de tres vías a la posición de comunicar las dos jeringas e inyectar los 10 ML de  $\text{H}_2\text{O}$  Inmediatamente, hay que cambiar la posición de la llave, de forma que comunique la jeringa grande con el sensor de presión. Procurar que el tubo transparente del sensor de presión esté en posición vertical para evitar la entrada de líquido al tubo del sensor. Dejar pasar el tiempo e ir observando la gráfica de la presión en función del tiempo. Parar la captación de datos cuando la presión se haya estabilizado.

Gráfica obtenida, para el amoníaco:



## 6- Equilibrio químico con los óxidos de nitrógeno

### Material del equipo

Dos jeringas de 60 mL con la mezcla de óxidos de nitrógeno, el émbolo con la posibilidad de quedar inmobilizado (Ver "Instrucciones generales")

Llave de tres vías

Dispositivo para inmobilizar

### Reactivos:

Hielo y agua caliente



**¡PARA ESTA REACCIÓN HAY QUE TOMAR PRECAUCIONES ESPECIALES!  
Usar guantes y gafas de seguridad.**

Este experimento debe hacerse a continuación de la obtención de los óxidos de nitrógeno. Ver "Obtención de los óxidos de nitrógeno NO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>"

Es conveniente tener dos jeringas con la mezcla de óxidos de nitrógeno en equilibrio:



Con la mezcla de los óxidos de nitrógeno, se estudia el equilibrio químico NO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

**Asegurarse de que las jeringas tienen perfectamente cerrada la llave de tres vías para evitar fugas de gases**

Una de las jeringas se mantiene como referencia para los cambios de color

- Factor temperatura: una jeringa que contiene la mezcla de gases se coloca dentro de un baño de agua con hielo, la otra se mantiene de referencia: el color de la mezcla se hace más pálido, por desplazamiento del equilibrio hacia la formación de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. La misma jeringa se coloca en un recipiente con agua caliente o se calienta con un secador de aire caliente: el color cambia a marrón oscuro: el equilibrio se ha desplazado a formar NO<sub>2</sub>.
- Factor presión: Colocar una de las jeringas con la mezcla de gases, con la llave de tres vías cerrada, en el dispositivo para comprimir. Se comprime la mezcla de gases y se mantiene comprimida un cierto tiempo: el color se hace más pálido por formarse más N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

### Eliminación de los residuos:

Vaciar el contenido inyectando la mezcla de óxidos de nitrógeno en agua y siempre en un lugar con buena ventilación. No respirar los gases.

**Llevar siempre guantes y gafas de seguridad.**

## 7- Determinación de la densidad de un gas

### Densidad del aire

#### Material del equipo

Jeringa de 60 mL. El émbolo con la posibilidad de quedar inmobilizado (Ver “Instrucciones generales”)

Llave de tres vías

#### Material extra necesario

Balanza de sensibilidad 0,01 g

Montar la llave de tres vías en la jeringa. Cerrar la llave. Estirar el émbolo hasta conseguir poder pasar un clavo por el orificio del émbolo para inmobilizarlo.

Medir la masa con la balanza,  $M_0$ , es la masa de la jeringa vacía.

Dejar entrar aire, abriendo la llave de tres vías. Medir de nuevo la masa,  $M$ , es la masa de la jeringa con aire.

Leer el volumen de aire que contiene la jeringa.

Calcular la densidad del aire atrapado dentro de la jeringa.

$$\rho = \frac{M - M_0}{V}$$

### Densidad del CO<sub>2</sub> y del butano

#### Material del equipo

El mismo que para el experimento de “Obtención del CO<sub>2</sub>”. Ver el experimento Obtención del CO<sub>2</sub>”.

Jeringa de 60 mL. El émbolo con la posibilidad de quedar inmobilizado (Ver “Instrucciones generales”)

Llave de tres vías

#### Material extra necesario

Balanza de sensibilidad 0,01 g

Montar la llave de tres vías en la jeringa. Cerrar la llave. Estirar el émbolo hasta conseguir poder pasar un clavo por el orificio del émbolo para inmobilizarlo.

Medir la masa con la balanza,  $M_0$ , es la masa de la jeringa vacía.

Para llenar con CO<sub>2</sub>: Seguir las instrucciones de “Obtención de CO<sub>2</sub>”. El gas obtenido, debe traspasarse a la jeringa que se conoce su la masa vacía. Debe quedar llena de gas CO<sub>2</sub> hasta el volumen máximo que permite la inmobilización del émbolo.

Una alternativa puede ser el uso de los cartuchos de CO<sub>2</sub> que se comercializan, junto con la conexión per la carga y que sirven per hinchar neumáticos de bicicleta.





Manera de llenar una jeringa

con dióxido de carbono

Medir de nuevo la masa, **M**, es la masa de la jeringa con dióxido de carbono.  
 Leer el volumen de gas que contiene la jeringa.  
 Calcular la densidad del CO<sub>2</sub> atrapado dentro de la jeringa.

$$\rho = \frac{M - M_0}{V}$$

Per llenar con de butano:

Se usa el gas que se comercializa en envases per recargar los encendedores. La jeringa debe quedar llena de gas hasta el volumen máximo que permite la inmovilización del émbolo.  
**Evitar la proximidad de cualquier llama.**



Manera de llenar una jeringa con gas butano

Medir de nuevo la masa, **M**, es la masa de la jeringa con butano.  
 Leer el volumen de gas que contiene la jeringa.  
 Calcular la densidad del butano atrapado dentro de la jeringa.

$$\rho = \frac{M - M_0}{V}$$

El gas es un 90% de isómeros del butano. Ver <http://www.gasbutano.org/>



## 8- Determinación de la masa molar de un gas según el método de Avogadro

### Material del equipo

Jeringa de 60 mL. El émbolo con la posibilidad de quedar inmobilizado (Ver “Instrucciones generales”)

Llave de tres vías

### Material extra necesario

Balanza de sensibilidad 0,01 g

Gas butano o CO<sub>2</sub>

La finalidad de este experimento es que los estudiantes encuentren la masa molar de un gas aplicando la fórmula:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{M_A}{M_B}$$

Donde  $m_A$  es la masa de aire;  $m_B$  es la masa del gas desconocido (en este caso puede ser CO<sub>2</sub> o butano);  $M_A$  es la masa molar promedio del aire (28,8 g.mol<sup>-1</sup>) y  $M_B$  la masa molar del gas desconocido a determinar.

Montar la llave de tres vías en la jeringa. Cerrar la llave. Estirar el émbolo hasta conseguir poder pasar un clavo por el orificio del émbolo para inmobilizarlo.

Medir la masa con la balanza,  $M_0$ , es la masa de la jeringa vacía.

Dejar entrar aire, abriendo la llave de tres vías. Medir de nuevo la masa,  $M$ , es la masa de la jeringa con aire.

Calcular la masa de aire en la jeringa:  $m_a = M - M_0$

Llenar ahora, la misma jeringa con uno cualquiera de los dos gases, CO<sub>2</sub> o butano. Consultar cómo hacerlo en “Densidad del CO<sub>2</sub> y del butano”

Medir la masa de la jeringa con el gas,  $M_x$

Calcular la masa del gas  $m_b = M_x - M_0$

Aplicar la fórmula para encontrar la masa molar del gas desconocido

## 9- Ley de Boyle-Mariotte (Debe usarse un sensor de presión)

### Material del equipo

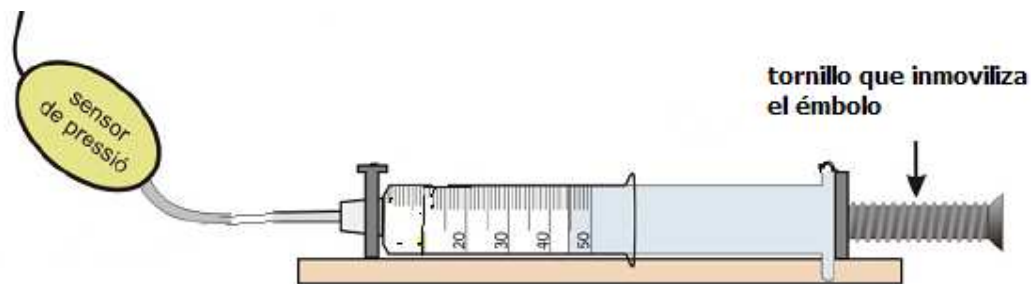
Una jeringa de 60 mL

Dispositivo para inmovilizar

Sensor de presión y equipo de captación de datos o manómetro

Ordenador con programa de hoja de cálculo

El gas que se comprime será el aire contenido en la jeringa cerrada e inmovilizada



Abrir, en el ordenador una hoja de cálculo con dos columnas: Volumen (mL) y Presión (según las unidades que marque el sensor de presión o el manómetro)

Iniciar la captación de la primera pareja de datos leyendo el volumen y el valor de la presión, sin comprimir. Hay que tener en cuenta que algunos manómetros, marcan la presión sin contar el valor de la presión atmosférica, en este caso, hay que sumar a la indicación del manómetro, el valor actual de la presión atmosférica (\*). Anotar los correspondientes valores de volumen y de presión en la tabla de datos.

Nuevas parejas de datos se obtienen moviendo el émbolo mediante el tornillo de comprimir. Continuar obteniendo valores i anotándolos hasta llegar a 10 valores.

Utilizar la hoja de cálculo para obtener el gráfico de la presión en función del volumen. Puede comprobarse si se cumple la ley de Boyle-Mariotte, calculando los productos  $P \cdot V$ , siempre teniendo en cuenta las cifras significativas

## 10- Algunos experimentos posibles más con el equipo

### Licuación del butano

#### Material del equipo

Una jeringa de 60 mL, con gas butano (Ver "Densidad del CO<sub>2</sub> y del butano para saber cómo llenar la jeringa con gas butano)

Dispositivo para inmovilizar

Llave de tres vías

La jeringa con gas butano y la llave de tres vías cerrada se fija en el dispositivo para inmovilizar y se va comprimiendo con el tornillo, de manera que disminuya el volumen y aumente la presión. A temperatura ambiente el butano se licúa cuando el volumen se ha reducido a una cuarta parte de la inicial.

En este momento se podrán apreciar pequeñas gotas (el butano licuado), que desaparecen al disminuir la presión.

### La temperatura de ebullición depende de la presión

#### Material del equipo

Una jeringa de 60 mL

Llave de tres vías

Agua caliente (unos 50°C)

#### **Precaución con el agua caliente**

Succionar unos 20 mL de agua caliente con la jeringa. Conectar la llave de tres vías i cerrar. Estirar el émbolo: Se observa cómo el agua empieza a hervir al disminuir la presión en el interior de la jeringa.