

DOCUMENTO TÉCNICO 4: MATERIAL BÁSICO

Material de vidrio

La mayor parte de los instrumentos empleados en un laboratorio de química son de **vidrio** (*glass*). El vidrio utilizado con mayor frecuencia es el **vidrio borosilicato** (*borosilicate glass*). Este vidrio posee tres características esenciales que aconsejan su uso en el laboratorio: **resistencia** (o **inercia**) **química** (*chemical inertness*), **capacidad para soportar altas temperaturas** (*elevated-temperature strength*) y **transparencia** (*optical transparency*), lo cual permite ver lo que está ocurriendo en su interior. La mayoría del material del laboratorio es de vidrio borosilicato PYREX[®], cuya composición (en porcentaje en peso) es: 80 % de SiO₂, 13 % de B₂O₃, 4,5 % de Na₂O, 2 % de Al₂O₃ y 0,5 % de K₂O. Este vidrio ofrece gran resistencia química al agua (**resistencia hidrolítica**, *hydrolytic resistance*)¹. También es muy resistente a los ácidos (excepto al ácido fluorhídrico y al ácido fosfórico caliente concentrado), puesto que es muy rico en SiO₂, a las disoluciones de sales y a los disolventes orgánicos. Tiene una resistencia moderada frente a las bases. Resiste altas temperaturas y también es muy resistente al choque térmico. La temperatura máxima recomendada para trabajar con él es 500 °C (sólo durante pequeños períodos de tiempo). De todos modos, si se sobrepasan los 150 °C, hay que asegurarse que tanto el calentamiento como el enfriamiento se realicen lentamente. La desventaja más notable del vidrio es su gran **fragilidad** (*brittleness*).

ⓘ El vidrio caliente posee el mismo aspecto que el frío, pero provoca quemaduras muy dolorosas. Siempre hay que utilizar pinzas para manejarlo o dejar transcurrir un tiempo prudencial para que se enfríe.

Material de vidrio para medida de volúmenes (material volumétrico)

El material volumétrico puede ser de **contenido** (*calibrated to contain*) o de **vertido** (*calibrated to deliver*) según mida el volumen que contiene o que vierte el recipiente. En el primer caso debe venir etiquetado como «In» (o «TC»), mientras que en el segundo la etiqueta correspondiente es «Ex» (o «TD»). La diferencia entre uno y otro reside en el volumen de líquido que queda adherido a las paredes del recipiente. Asimismo, el material puede clasificarse, atendiendo a su exactitud, en dos grupos: categoría superior (**clase A**, *class A*) o categoría inferior (**clase B**, *class B*). La **temperatura de referencia** (*operating temperature*) es la temperatura a la cual el volumen contenido o vertido es igual al **volumen nominal** (*nominal volume*), o **capacidad nominal**, del recipiente. Suele ser 20 °C. Hay que tener presente que la capacidad de un recipiente de vidrio varía con la temperatura. Por lo tanto no se debe utilizar dicho material con líquidos cuya temperatura sea diferente a la de referencia, y por supuesto está prohibido calentar este material porque no sólo se estaría falseando la medida sino que además se alteraría de forma permanente. El volumen nominal también suele denominarse **aforo** (*innage*); por eso se dice que este material de vidrio está **aforado**. El aforo suele indicarse

¹El agua, tanto en fase líquida como en fase gas, ataca al vidrio extrayendo de él, fundamentalmente, los cationes Na⁺ y K⁺.

mediante una línea: la **línea de enrase** (*levelling line*). Si un mismo recipiente permite medir volúmenes diferentes, existirán diferentes líneas que forman una **escala graduada** (*graduated scale*). Se denomina **menisco** (*meniscus*) a la interfase que existe entre el aire y el líquido cuyo volumen desea medirse. Por razones de **tensión superficial** (*surface tension*), el menisco no es plano, sino curvo, dependiendo dicha curvatura del líquido que se esté utilizando (entre otros factores). El agua, y las disoluciones acuosas, forman un menisco **cóncavo** (*concave*); coloquialmente se dice que son líquidos que «*mojan el vidrio*». El mercurio, sin embargo, forma un menisco **convexo** (*convex*); «*no moja el vidrio*». Se denomina **enrase**, o **ajuste** (*making level*), a la operación mediante la cual se consigue ajustar el menisco de un líquido a la línea de enrase. El menisco se debe ajustar de forma que el plano horizontal que pasa por la línea de enrase sea tangente a la curvatura del menisco en su punto más bajo (para el agua y las disoluciones acuosas), estando el ojo situado a la misma altura que la línea de enrase. Si el ojo se sitúa a una altura de diferente se comete un error conocido como **error de paralaje** (*azimuth difference*). Dentro de este grupo de materiales volumétricos, se pueden enumerar los siguientes:

- **Matraz aforado con una línea de enrase** (*one-mark volumetric flask*): recipiente de vidrio, en forma de pera o cónico (aunque también se admiten otras formas), utilizado para medir volúmenes de líquidos con mucha exactitud. Su utilidad fundamental es la preparación de **disoluciones patrón** (*standard solutions*).



Figura 1. Izquierda: Matraz aforado. Derecha: En la parte superior se muestran en detalle las especificaciones técnicas de otro matraz. Puede observarse el volumen nominal o aforo (100 mL), la categoría (clase B), la temperatura de referencia (20 °C) y la etiqueta que lo califica como material de contenido ("In"). También aparece el error asociado a la medida ($\pm 0,20$ mL), una etiqueta ("BORO") que hace referencia al material con el que se fabricó el matraz (vidrio borosilicato) y una etiqueta "NS 14/23" que indica las dimensiones del tapón troncocónico (14 mm de diámetro máximo y 23 mm de altura). La norma ISO 1042 se refiere a las características técnicas que deben cumplir los matraces aforados con una línea de enrase. En la parte inferior se puede observar el menisco (cóncavo) ajustado a la línea de enrase del matraz.

La **capacidad de un matraz aforado** viene definida por el volumen de agua, a 20°C, expresado en mililitros (mL), contenido en el matraz cuando está lleno hasta la línea de enrase. La **base** (base) del matraz tiene que ser suficientemente amplia para que este se mantenga verticalmente sin pivotar. Los matraces de capacidad igual o superior a 25 mL no deben bascular cuando se colocan vacíos y sin tapón sobre una superficie inclinada 15° respecto al plano horizontal. Los matraces de capacidad inferior a 25 mL no deben bascular cuando se colocan, en condiciones similares a las anteriores, sobre una superficie inclinada 10° respecto al plano horizontal. El diámetro interno del **cuello** (neck) y la distancia de la línea de enrase al **cuerpo** del matraz son dimensiones esenciales para la exactitud de los matraces. El cuello del matraz debe ser cilíndrico, con excepción del **esmerilado**² (frosted) y del abultamiento, si los hay. El eje del cuello debe ser perpendicular a la base del matraz. El **tapón** (stopper), si lo hay, debe adaptarse perfectamente al cuello del matraz. Puede ser de vidrio (sólido o poroso) o de un material plástico inerte. El enrase se efectuará utilizando una **pipeta Pasteur** (Pasteur pipette), también llamada **gotero** o **cuentagotas** (dropping pipette). Actualmente es posible adquirir matraces aforados de vidrio con color ámbar, y también matraces de polipropileno traslúcido o de PMP (TMX) transparente (polimetilpenteno permanox).



Figura 2. Cuentagotas. Se utiliza con mucha frecuencia en el laboratorio para medir, **de forma aproximada**, cantidades muy pequeñas de líquidos. El volumen de una gota no es igual para todos los cuentagotas, ya que depende del tamaño del orificio y de la naturaleza del líquido vertido. De hecho, cuando se vierte agua, se utiliza la aproximación 20 gotas $\approx$ 1 mL.

- **Bureta** (burette): tubo graduado de vidrio, abierto por la parte superior y con una **llave de paso** (shutoff cock) en la parte inferior, que se estrecha terminando en punta. Al ser un material volumétrico de vertido, es necesario definir unos nuevos conceptos. El **volumen vertido** es el volumen de líquido que dispensa el instrumento. El **tiempo de vertido** es el tiempo necesario para que el menisco del líquido descienda desde la línea cero hasta la línea de graduación inferior del instrumento. Se debe determinar con agua, con la llave de paso completamente abierta y sin que la punta esté en contacto con el **recipiente receptor**. El **tiempo de espera** (waiting time) en una bureta es el tiempo que se debe respetar después de la finalización **aparente** del vertido del líquido del instrumento, antes de proceder a la lectura final del volumen vertido.

²Según el Diccionario de la Real Academia Española, *esmerilar* significa «pulir algo o deslustrar el vidrio con esmeril o con otra sustancia». *Deslustrar*, cuando se aplica al cristal o al vidrio, quiere decir que «el material ha perdido su transparencia». Un *esmeril* es una «roca negruzca formada por el corindón granoso, al que ordinariamente acompañan la mica y el hierro oxidado. Es tan dura, que raya todos los cuerpos, excepto al diamante, por lo que se emplea para labrar piedras preciosas, acoplar cristales, deslustrar el vidrio y pulimentar los metales».

Atendiendo a su exactitud, las buretas se dividen en dos grupos: clase A (que a su vez se subdivide en clase A y clase AS) para la categoría superior y clase B para la categoría inferior. Las buretas de clase AS tienen un tiempo de espera de 30 s. Las clases A y B no tienen tiempo de espera. La parte superior de una bureta que carezca de dispositivo de llenado debe ser uniforme, con un acabado suave con **burlete** o **borde reforzado** (*beaded rim*). Las llaves de paso deben ser de buena calidad para permitir un control preciso y regular del flujo de salida. Pueden ser de plástico o de vidrio esmerilado (en este caso deben ser convenientemente engrasadas para evitar pérdidas de líquido). El enrase, que no es necesario efectuar sobre la línea cero de la graduación, siempre se hará abriendo la llave de paso y dejando caer, por consiguiente, el líquido contenido en el tubo. Si se desea enrasar sobre la línea cero de la graduación, obligatoriamente se ha de cargar inicialmente la bureta por encima de dicha línea. La existencia de una **franja Schellbach** (*Schellbach stripe*) en el tubo de la mayoría de las buretas facilita la operación de enrase, puesto que en ese caso, en el menisco se puede observar una punta de flecha, producida por el efecto óptico de la interacción de esa franja y el propio menisco. El enrase se efectúa de manera que esa punta de flecha coincida con la línea de enrase. Actualmente es posible adquirir buretas de plástico acrílico.

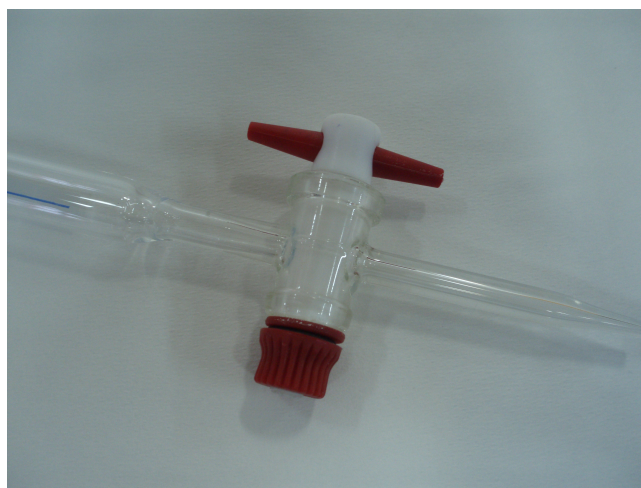


Figura 3. Izquierda: Enrase de una bureta con franja Schellbach en la línea cero de la graduación. También se puede observar el error asociado a la medida ($\pm 0,05$ mL), la etiqueta que la califica como material de vertido ("Ex"), la temperatura de referencia (20 °C) y el tiempo de vertido (30 s). Derecha: Llave de paso de PTFE (politetrafluoroetileno).

- **Pipeta graduada** (*graduated pipette*): tubo graduado de vidrio, de igual sección en toda su longitud excepto en la parte inferior, donde se estrecha y termina en una punta fina con un pequeño orificio, la **punta de vertido**. Es un material volumétrico de vertido, y su clasificación, atendiendo a su exactitud es idéntica a la de las buretas: clase A (que a su vez se subdivide en clase A y clase AS) para la categoría superior y clase B para la categoría inferior. Las pipetas graduadas de clase AS tienen un tiempo de espera de 5 s. Las clases A y B no tienen tiempo de espera. **Las pipetas se cargan por aspiración** (con un dispositivo adecuado, como por ejemplo, una **pera de goma** (*natural rubber pipette filler*) o un **aspirador de pipeta** (*pipette pump*)) y siempre se enrasan dejando bajar el menisco hasta que ajuste a la línea que se desee. El vertido se debe realizar de manera que el extremo de la punta de vertido esté en contacto con la pared interior del vaso receptor y por encima del nivel del líquido recogido, pero sin ningún deslizamiento del uno contra el otro durante el vertido. Atendiendo al vertido es posible establecer otra clasificación.

- **Vertido parcial, tipo 1** (*partial delivery*): Pipetas graduadas ajustadas para verter un líquido **desde la línea cero, situada en la parte más alta de la escala graduada, hasta cualquier línea de medida**. El

volumen nominal viene indicado por la línea de medida más baja³. La capacidad correspondiente a cualquier línea de medida se define (para las clases A y B) como el volumen de agua, a 20 °C, expresado en mililitros (mL), vertido por la pipeta cuando se vacía desde la línea cero hasta esa línea de medida, dejando fluir sin ninguna restricción hasta el enrase final del menisco en la línea de medida. Para la clase AS, es necesario interrumpir el vertido cuando el menisco esté pocos milímetros por encima de la línea de medida. El enrase final en la línea de medida se efectúa después de respetar el tiempo de espera especificado de 5 s.

- **Vertido total, tipo 2 (*total delivery*):** Pipetas graduadas ajustadas para verter un líquido **desde cualquier línea de medida hasta la punta**. El volumen nominal viene indicado por la línea de medida más alta. La capacidad correspondiente a cualquier línea de medida se define (para las clases A y B) como el volumen de agua, a 20 °C, expresado en mililitros (mL), vertido por la pipeta cuando se vacía desde esa línea de medida, hasta la punta de vertido, dejando fluir sin ninguna restricción hasta que se asegura que el menisco se estabiliza en la punta de vertido, antes de retirar la pipeta del vaso receptor. Para la clase AS, es necesario esperar el tiempo especificado de 5 s antes de retirar la punta de vertido de la pipeta de la parte interior del vaso receptor.
- **Vertido total, tipo 3 (*total delivery*):** Pipetas graduadas ajustadas para verter un líquido **desde la línea cero, situada en la parte más alta de la escala graduada, hasta cualquier línea de medida**. El volumen nominal se debe obtener con el vertido hasta la punta⁴. La capacidad correspondiente a cualquier línea de medida se define (para las clases A y B) como el volumen de agua, a 20 °C, expresado en mililitros (mL), vertido por la pipeta cuando se vacía desde la línea cero hasta esa línea de medida –o, en caso del vertido de la capacidad total, hasta la punta de vertido– dejando fluir sin ninguna restricción hasta el enrase final del menisco en la línea de medida. Para asegurar que el vertido es completo, se debería respetar un tiempo de espera de unos 3 s antes de retirar la pipeta del vaso receptor. Para la clase AS, es necesario interrumpir el vertido cuando el menisco esté pocos milímetros por encima de la línea de medida. El enrase final en la línea de medida se efectúa después de respetar el tiempo de espera especificado de 5 s. En el caso del vertido de la capacidad total hasta la punta de vertido, también se debe dejar fluir sin ninguna restricción y se debe respetar el tiempo de espera de 5 s antes de retirar la punta de vertido de la parte interior del vaso receptor.
- **De soplado, tipo 4:** Pipetas graduadas ajustadas para el vertido total, tipo 3, en las que el líquido retenido en la punta se expulsa por soplado. Deben llevar una inscripción indicando que el instrumento es una pipeta de soplado (por ejemplo *blow-out*, *soplado* o similar). La capacidad correspondiente a cualquier línea de medida se define como el volumen de agua, a 20 °C, expresado en mililitros (mL), vertido por la pipeta cuando se vacía desde la línea cero hasta esa línea de medida. El vertido se debe hacer sin ninguna restricción hasta efectuar el enrase del menisco en esa línea de medida, y sin ningún tiempo de espera para permitir el drenaje del líquido adherido en la pared antes del enrase final. En el caso del vertido total, cuando el vaciado es desde la línea cero hasta la punta de vertido, el vertido se debe hacer sin ninguna restricción hasta asegurar que el menisco está estabilizado en la punta y se finaliza el vertido expulsando la última gota por soplado.

³Estas pipetas también reciben el nombre comercial de «no terminales»: la línea de medida más baja se encuentra antes de llegar a la punta de la pipeta, y por eso nunca pueden vaciarse por completo; de ahí el nombre de vertido parcial.

⁴La diferencia con el tipo 1 es que la escala graduada llega hasta la punta; por eso reciben el nombre comercial de «pipetas terminales», y por eso se puede hablar de vertido total. Las pipetas de tipo 2 también pueden considerarse «terminales».

El tiempo de vertido se define como el necesario para el descenso libre del menisco del agua (vertido por gravedad) desde la línea de medida más alta hasta la línea de medida más baja (para pipetas de tipo 1) o hasta el punto en el que el menisco aparentemente se inmoviliza en la punta de vertido (para pipetas de tipo 2, 3 y 4).

- **Pipeta con una línea de enrase** (*one-mark pipette*): también se la conoce con el nombre de **pipeta de un aforo**. Atendiendo a su exactitud se clasifican en dos grupos: clase A para el material de categoría superior y clase B para la categoría inferior.



Figura 4. Diferentes pipetas (una graduada, a la izquierda, y dos de un aforo, en el centro y a la derecha) sobre un soporte de plástico.

La **capacidad de una pipeta de un enrase** se define como el volumen de agua, a 20 °C, expresado en mililitros (mL), vertido por la pipeta cuando ésta se vacía en las condiciones descritas a continuación. La pipeta, colocada en posición vertical, debe cargarse –por aspiración– hasta un nivel situado algunos milímetros por encima de la línea de enrase. A continuación se deja caer líquido hasta ajustar el menisco a la línea de enrase. Cualquier gota que quede adherida a la punta de la pipeta debe eliminarse, poniendo dicha punta en contacto con un recipiente de vidrio. El vertido de la pipeta debe efectuarse, a continuación, en otro recipiente de vidrio ligeramente inclinado, de forma que la punta esté en contacto con la pared interior del recipiente, pero sin deslizar la pipeta por el recipiente durante el vertido y la espera. La pipeta debe vaciarse hasta que el menisco se inmovilice en la punta. Para asegurar un vertido completo, debe esperarse alrededor de 3 s antes de retirar la pipeta del recipiente. Dependiendo de la capacidad y la categoría, estas pipetas pueden llevar **depósito** (*bulb*) o no; a partir de una capacidad de 5 mL siempre lo llevan (independientemente de su categoría). Opcionalmente, pueden llevar una **bola de seguridad** (obligatoriamente esférica) situada por encima de la línea de enrase. Las pipetas sin depósito consistirán en un tubo recto, terminado en punta en la extremidad inferior. Todas las pipetas con depósito están constituidas por un **tubo de succión** (su extremo superior recibe el nombre de **boca**), un depósito (generalmente cilíndrico) y

un tubo de vertido que termina en una punta de vertido. Todas estas partes son rectas y coaxiales. El tiempo de vertido de la pipeta es el necesario para el descenso libre del menisco de agua, desde la línea de enrase, hasta que quede inmóvil en la punta de la pipeta. Es posible encontrar hoy pipetas con una línea de enrase, de clase B, fabricadas en polipropileno.

- **Pipeta con dos líneas de enrase** (*two-mark pipette*): también se la conoce con el nombre de **pipeta de doble aforo**. La diferencia con las anteriores es que presentan una segunda línea de enrase en la parte inferior del tubo. Esto hace que al definir su capacidad cambien las condiciones de operación: ahora el vaciado debe hacerse hasta que el menisco quede ajustado en la línea de enrase inferior. El resto de consideraciones descritas para las pipetas con una línea de enrase son perfectamente aplicables a estas pipetas.

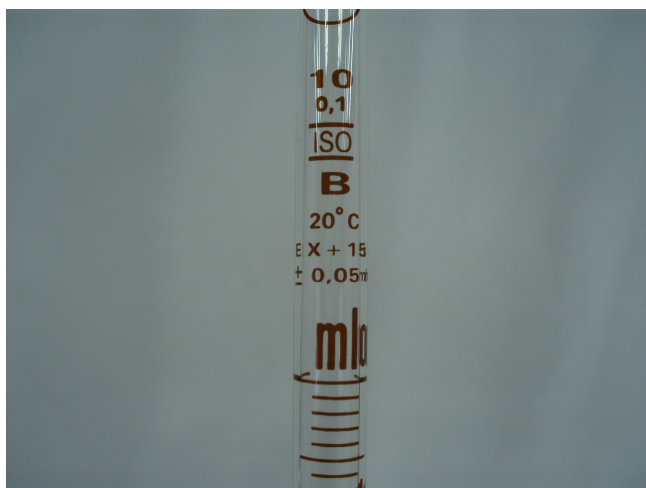


Figura 5. Detalle de las especificaciones técnicas de una pipeta graduada (vertido total, tipo 3) y una pipeta con una línea de enrase (pipeta de un aforo).

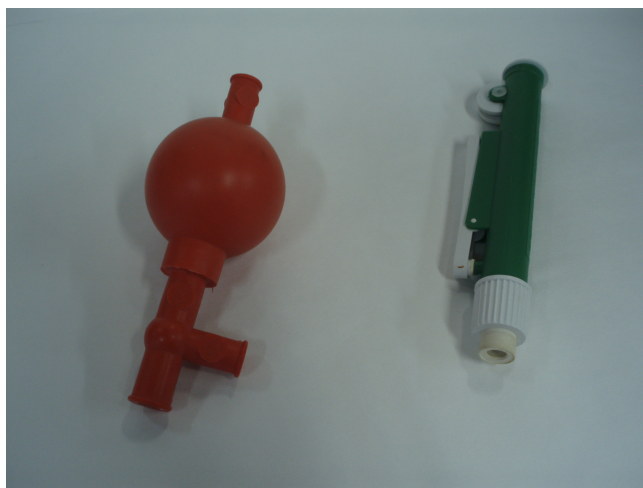


Figura 6. Pera de goma y aspirador de pipeta.

- **Probeta cilíndrica graduada** (*graduated measuring cylinder*): recipiente de vidrio, alto y estrecho, utilizado para medir volúmenes de líquidos con poca exactitud. Existen de tres tipos: **forma alta acabada en pico para vertido (tipo 1a)** (*tall form with spout*), **forma alta acabada en cuello para tapón (tipo 1b)** (*tall form with NS joint*) y **forma baja acabada en pico para vertido (tipo 2)** (*low form with spout*).

Los tipos 1a y 1b pueden ser de clase A o clase B. El tipo 2 es, necesariamente, de clase B. La capacidad de una probeta cilíndrica graduada se define como el volumen de agua, a 20°C, expresado en

mililitros (mL), contenido por la probeta cuando se llena hasta la línea de graduación superior. Las probetas se deben mantener en posición vertical, sin balancearse ni oscilar, cuando se coloquen en una superficie plana horizontal. No deben volcar cuando se coloquen vacías (sin tapón, en caso de probetas provistas de él) sobre un plano inclinado que forme un ángulo de 15° con la horizontal. La base debe ser de vidrio si forma parte integral de la probeta, o si es desmontable, de un plástico adecuado u otro material apropiado. Puede ser hexagonal, o de otra forma que permita satisfacer los requisitos de estabilidad anteriormente descritos. El pico para vertido de una probeta del tipo 1 debe ser de tal manera que permita verter el contenido de la probeta en forma de una **vena líquida** de pequeño diámetro, sin salpicar ni escurrir a lo largo de las paredes exteriores. En el caso de las probetas de tipo 1b con tapón, el cuello debe estar esmerilado. Las probetas cilíndricas graduadas pueden ser de vertido o de contenido.



Figura 7. Probeta cilíndrica graduada.

Material de vidrio para contener reactivos

- **Vaso de precipitados** (*beaker*): recipiente cilíndrico, de altura y anchura similares, que puede tener un pico (*spout*) para facilitar el vertido del líquido que contiene y de muy amplio uso en el laboratorio. Aunque puede estar graduado, el volumen indicado por las marcas suele ser una aproximación, por lo que no debe ser utilizado para medir volúmenes con exactitud. El diseño del vaso permitirá la existencia de una diferencia de volumen entre la capacidad nominal y la **capacidad de desbordamiento**: la capacidad de desbordamiento de un vaso no debe sobrepasar la capacidad nominal incrementada en un 10 % (también se puede considerar que la distancia entre los niveles correspondientes a las dos capacidades, la nominal y la de desbordamiento, no sea inferior a 10 mm). El diseño del fondo del vaso permitirá que éste se mantenga verticalmente, sin oscilar ni pivotar, cuando esté colocado sobre una superficie horizontal plana. El pico de vertido deberá diseñarse de manera que, cuando el vaso esté lleno de agua, esta pueda verterse con un chorro regular, netamente separado de la pared del vaso. Cuando el vaso esté situado sobre una superficie horizontal y el llenado prosiga más allá de la capacidad de desbordamiento, el agua debe desbordarse primeramente por el pico de vertido y no por otro lugar del borde.



Figura 8. Vasos de precipitados de diferentes capacidades.

● **Matraz esférico** : recipiente de forma esférica (de **fondo plano** (*flat-bottom flask*) o de **fondo redondo** (*round-bottom flask*)) con un cuello (estrecho o ancho) en el que se llevan a cabo la mayoría de las reacciones químicas. Los matraces esféricos de fondo plano deben mantenerse verticalmente, sin oscilar ni pivotar, cuando están situados en una superficie horizontal. Si el matraz tiene que conectarse a otros instrumentos de vidrio (porque forme parte de un montaje experimental complejo), el cuello debe finalizar en una **unión cónica esmerilada** (*conical ground joint*). Hoy en día, estas uniones cónicas esmeriladas pueden incorporar una rosca (**unión esmerilada con rosca**) que, por un lado, logra una mayor estanqueidad que las uniones convencionales y además permite sujetar las piezas entre sí sin necesidad de otras piezas auxiliares.



Figura 9. Matraz esférico de fondo redondo.

Siempre que se conecten piezas de vidrio mediante uniones cónicas esmeriladas (con o sin rosca), conviene tener presentes las siguientes precauciones:

- Hay que **lubricar las superficies de los esmerilados**, tanto para prevenir fugas como para facilitar la separación posterior de las piezas cuando sea necesario desmontar el equipo. Conviene utilizar una grasa que no contenga silicona, distribuyendo una capa muy fina alrededor de toda la pieza.
- Si se desea desmontar la unión y ésta parece agarrotada, **hay que proceder con mucho cuidado**. En

primer lugar hay que utilizar guantes de seguridad gruesos (para protegerse de las posibles cortaduras del vidrio), gafas de protección y evitar la fuerza bruta. Una primera ayuda puede ser colocar la pieza en posición vertical (el macho arriba y la hembra abajo) y utilizar un aceite penetrante que se hará resbalar por el macho. Una vez que el aceite haya penetrado en la unión cónica, se puede intentar la separación. También es posible (si dentro de las piezas no hay líquidos inflamables) calentar la parte exterior de la hembra con agua caliente (directamente del grifo) o con una pistola de aire caliente.

- **Matraz cónico** (*flask/narrow-necked boiling flask*): recipiente (también denominado **matraz Erlenmeyer**) de forma cónica, con un cuello (estrecho o ancho), que sustituye al vaso de precipitados cuando se requiere evitar proyecciones o salpicaduras, bien porque la reacción química sea violenta, bien porque para llevarla a cabo necesite agitación.



Figura 10. Matraz cónico.

Las paredes inclinadas suponen un obstáculo para la pérdida de la muestra. Para mayor seguridad puede cerrarse con un tapón. Los matraces cónicos deben mantenerse verticalmente, sin oscilar ni pivotar, cuando están situados en una superficie horizontal. Igual que en el caso anterior, el cuello puede finalizar en una unión cónica esmerilada si es que el matraz tiene que conectarse a otros instrumentos de vidrio.



Emil ERLLENMEYER (1825–1909)

Químico alemán. Fue discípulo de Justus von LIEBIG (1803–1873) y posteriormente profesor de química en Heidelberg, de donde pasó al Instituto Politécnico de Munich. Estudió la teoría de valencia de los elementos químicos, así como la saturación de los gases. Ideó el vaso de forma troncocónica que se utiliza en el laboratorio.

● **Matraz kitasatos** (*filter flask*): matraz similar al matraz Erlenmeyer, al que se ha añadido una **toma lateral** (que generalmente sirve para efectuar una conexión a vacío). Dicha toma debe estar situada justo debajo del final del cuello del matraz. La parte superior del cuello del matraz debe estar convenientemente reforzada, pudiendo ser el cuello cónico o cilíndrico.



Figura 11. Matraz kitasatos.

● **Tubo de ensayo** (*test tube*): recipiente cilíndrico, de longitud mayor que su diámetro, y de pequeña capacidad, en el que se realizan la mayoría de las reacciones químicas cuando se desea estudiar solamente aspectos cualitativos de las mismas. Puede tener un tapón para facilitar la agitación. La parte superior del tubo se denomina boca. El fondo del tubo debe ser prácticamente semiesférico. Los tubos de ensayo se clasifican en tres categorías (a diferencia del material volumétrico, los tubos no vienen etiquetados, así que es muy difícil saber de qué tipo es un tubo si previamente nadie informa de sus propiedades):

- **Tipo I (vidrio borosilicato):** adecuados para la mayoría de las aplicaciones normales de laboratorio. Soportan las temperaturas utilizadas más comúnmente en los laboratorios. Tienen una resistencia química muy alta.
- **Tipo II (vidrio neutro):** adecuados para aplicaciones menos exigentes. Resisten calentamiento moderado, por ejemplo, en baño de agua. No deben llevarse directamente desde un punto frío a la parte más caliente de la llama de un mechero Bunsen sin un precalentamiento previo. Son resistentes químicamente y son adecuados para el uso con muestras que no sean susceptibles a los cambios de pH.
- **Tipo III (vidrio sodacálcico):** adecuados para trabajos de laboratorio poco exigentes. También resisten el calentamiento moderado del baño de agua. No deben colocarse directamente sobre la llama de un mechero Bunsen. Su resistencia química es limitada.



Figura 12. Tubos de ensayo en una gradilla.

- **Embudo de llave para decantación** (*separating funnel*): Se utiliza en los laboratorios para extracciones líquidas y tiene por objeto facilitar la separación de las fases de dos líquidos no miscibles de densidades diferentes. Existen dos grupos: embudos cónicos y embudos piriformes.



Figura 13. Embudo piriforme de llave para decantación.

- **Embudo de llave para adición** (*dropping funnel*): tiene un cuerpo cilíndrico (que puede estar graduado o no), y se utiliza para añadir reactivos químicos sobre los recipientes de reacción. En consecuencia, va con frecuencia provisto de una unión cónica esmerilada en su parte inferior, para ser ensamblado a los recipientes correspondientes. La llave puede ser de vidrio borosilicato o de un material plástico con características químicas y térmicas apropiadas, como el politetrafluoroetileno. Los embudos de llave para adición pueden ir equipados con un tubo para igualar las presiones entre los dos recipientes que se conectan.
- **Envase de vidrio**: cualquier recipiente dotado con posibilidad de cierre, fabricado en vidrio y cuyas finalidades más importantes son contener el producto, protegerlo, facilitar su transporte, manipularlo, almacenarlo y comercializarlo. En un envase se distinguen varias partes. La **boca** es la parte superior de un envase, concebida para aceptar el cierre. El **cuello** es la parte situada entre la boca y el hombro. El **hombro** es la parte situada entre el cuello y el cuerpo. El **cuerpo** es la parte comprendida entre el hombro y el talón. El **talón** es

la parte que enlaza la zona inferior del cuerpo al fondo. El **fondo** es la base de un envase. Y la **picadura** es la superficie curvada en el interior del fondo.

El término **botella** (*glass reagent bottle*) se refiere habitualmente a un envase de cuello estrecho, generalmente destinado a contener productos líquidos alimenticios. La palabra **tarro** se utiliza para envases que contengan productos sólidos, semisólidos, u otros, cuya textura aconseje un diámetro de boca suficiente. Y finalmente, se define un **frasco** como aquel envase que está destinado a contener productos farmacéuticos, de perfumería, cosméticos o químicos. Los frascos se dividen en dos tipos:

- **Frascos con el cuello roscado** (*screw-neck bottles*): se utilizan para almacenar productos químicos, sólidos o líquidos, de uso común en un laboratorio. La **capacidad nominal** de un frasco indica la cantidad de líquido que puede contener cuando está lleno en su parte cilíndrica, justo hasta el principio de la parte cónica. Deben suministrarse con un tapón de un material plástico inerte adecuado, por ejemplo, polipropileno. En el laboratorio se utilizan frascos de vidrio ámbar de 60 y 125 mL con tapón de plástico o cuentagotas.
- **Frascos con el cuello cónico** (*conical neck bottles*): también se utilizan para almacenar productos químicos, sólidos o líquidos, de uso común en un laboratorio. El cuello puede ser ancho o estrecho, esmerilado o sin esmerilar. Deben suministrarse con un tapón de vidrio, goma o un material plástico inerte adecuado.

Hoy en día existen plásticos de elevada resistencia química que, por lo tanto, pueden almacenar perfectamente los productos químicos.



Figura 14. Diferentes tipos de envase (vidrio/plástico).

En el laboratorio se utilizarán, básicamente, dos tipos de frascos de plástico (ambos de idéntica capacidad, igual a 1 L):

- **Frasco de pared normal, cuello estrecho, en HDPE (polietileno de alta densidad, High Density Polyethylene)**: son rígidos y traslúcidos, su temperatura de trabajo está comprendida entre -50 y 110°C y tienen un tapón roscado de polietileno.
- **Frasco de pared normal, cuello estrecho, en HDPE ámbar**: también son rígidos, como los anteriores, pero además reducen drásticamente la transmisión, tanto de luz visible como ultravioleta, y por lo tanto

ayudan a proteger los líquidos sensibles a la luz. Su correspondiente tapón roscado es de polipropileno ámbar.

También están disponibles una pequeña cantidad de frascos de teflón FEP –polipropileno de etileno fluorado– para líquidos especialmente peligrosos (ácidos fuertes muy concentrados). El FEP es prácticamente inerte a todos los productos químicos, incluso a altas temperaturas.

⚠ Los recipientes que contienen productos químicos nunca se trasladan pegados al cuerpo. Jamás se cogen por el tapón. Hay que mirar dos veces la etiqueta del envase para asegurarse que se usa el adecuado. Un recipiente sin etiquetar no se puede utilizar. Los recipientes deben estar siempre perfectamente cerrados.

Otro material de vidrio

- **Refrigerante** (*condenser*): es un instrumento diseñado para el intercambio de calor entre dos fluidos. Se utiliza para condensar vapores, o para enfriar o calentar un líquido.



Figura 15. Equipo de producción de agua destilada. Pueden observarse dos refrigerantes en la parte superior.

- **Embudo** (*funnel*): cono de vidrio cuyo extremo más estrecho se prolonga en forma de tubo. Sirve para facilitar el trasiego de líquidos cuando el recipiente receptor tiene la boca estrecha.
- **Varilla** (*stirring rod*): cilindro de vidrio macizo con múltiples aplicaciones en el laboratorio. Se puede utilizar para agitar disoluciones, tomar muestras, servir de guía en el transvase de líquidos, remover mezclas heterogéneas, etc. Un extremo del cilindro puede estar protegido con una goma para que pueda agarrarse con mayor comodidad.
- **Cristalizador**: vaso de paredes gruesas de mayor diámetro que altura. En él se suelen llevar a cabo las cristalizaciones (formación de cristales a partir de sustancias que se encuentran en otro estado físico). También

se puede utilizar como recipiente auxiliar en la recogida de gases.

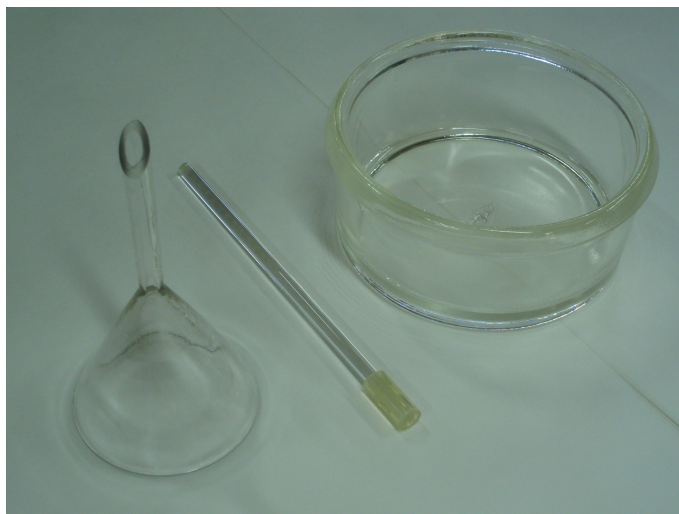


Figura 16. Embudo, varilla y cristizador.

Material para la calefacción

- **Mechero Bunsen:** es uno de los medios de calefacción utilizado en el laboratorio, aunque hoy en día su uso cada vez va siendo menor. Consiste en un **tubo metálico** hueco de, aproximadamente, 15 cm de longitud (denominado **chimenea**) enroscado a una **base circular**. Esta base tiene un pequeño **tubo lateral** por donde entra el combustible, gas natural en el laboratorio 065, cuando la **llave de paso**⁵ está abierta. En la parte inferior del tubo existen unos **agujeros** por los que entra el aire, que pueden ser ocluidos (total o parcialmente) por el giro de un anillo metálico (**virola**). El ascenso del gas por la chimenea arrastra al aire, que se mezcla con él, produciéndose la combustión al alcanzar la parte superior de la chimenea. Para encenderlo se debe cerrar el aire, encender una cerilla (o un mechero) y acercarla a la parte superior de la chimenea a la vez que se abre la llave de paso para que fluya el combustible.

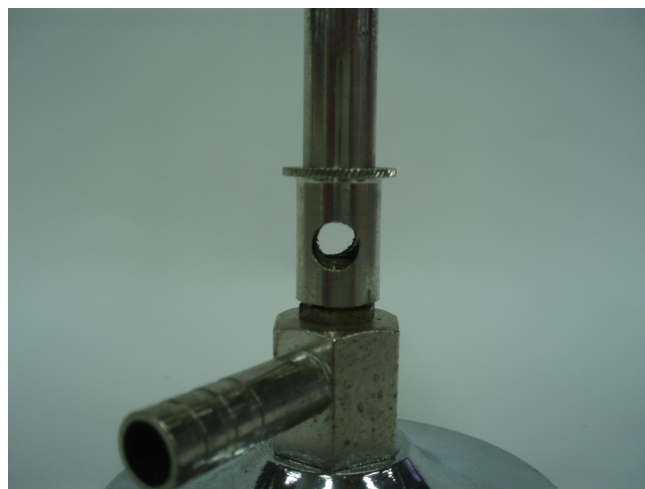


Figura 17. Izquierda: Mechero Bunsen. Derecha: Detalle de la virola (abierta).

⁵Hay mecheros que disponen de una llave de paso propia, situada en las proximidades de la base.



Robert Wilhelm BUNSEN (1811–1899)

Químico alemán. Junto con Gustav Robert KIRCHHOFF (1824–1887), un físico –también alemán– contemporáneo, utilizó la espectroscopia como herramienta de análisis químico (1859) y descubrió los elementos Cs y Rb. Inventó la «celda Bunsen», una celda primaria que usó para obtener metales (Cr y Mn) por electrodeposición y otros elementos (Mg, Al, Na, Ba, Ca y Li) por electrolisis de sus correspondientes cloruros fundidos. Diseñó un calorímetro para medir la capacidad calorífica de esos metales y así poder obtener, por aplicación de la Ley de DULONG, su masa atómica relativa. Fue un experto en análisis de gases lo cual le llevó al estudio de los volcanes de Islandia y a la mejora de los altos hornos ingleses. Junto con Sir Henry Enfield ROSCOE (1833–1915), químico británico, realizó diversos experimentos de fotoquímica. Sin embargo, el mechero que hoy se conoce como «mechero Bunsen» parece que fue desarrollado por uno de sus ayudantes, Peter DESAGA, basándose en una idea de Michael FARADAY (1791–1867).

El tipo de llama que se genera depende de la cantidad de aire que entra (controlable por medio de la virola) en la chimenea. Al inicio, con el paso de aire prácticamente cerrado, la llama es larga, amarilla, oscilante y emite mucha luz. La temperatura de la misma (aunque depende el combustible que se esté utilizando) oscila entre los 200°C, en la parte inferior –cercana a la chimenea–, y los 900°C, en la parte superior. Esta llama se produce porque la **combustión es incompleta** (no entra aire suficiente). Además, el carbono que no se queme se depositará sobre los objetos que se calienten. Para conseguir una llama más calorífica (que es de menor tamaño y de color azul en vez de grande y amarilla), hay que aumentar el flujo de aire a la chimenea (así se consigue una **combustión completa**; que no deja ningún rastro de carbono) girando adecuadamente la virola. En esta nueva llama, que además produce ruido, se distinguen claramente dos partes: un pequeño cono interior azul, y otro exterior, más bien incoloro. La temperatura del cono inferior varía entre 500°C (en la parte inferior) y 1000°C (en su parte superior; cuando toca con el otro cono). La temperatura del cono superior oscila entre 1100°C y 1300°C. El mechero Bunsen es muy adecuado para trabajar el vidrio (por la alta temperatura de su llama) aunque hoy esa operación está en completo desuso en los laboratorios de química.



Figura 18. Izquierda: Llama con aire cerrado (combustión incompleta). Derecha: Llama con aire abierto (combustión completa).

ⓘ Si el paso de aire es excesivo el mechero puede calarse, es decir, la combustión se produce dentro de la chimenea, haciendo que ésta caliente vigorosamente. Este efecto es muy peligroso porque se pueden producir quemaduras al coger el mechero, además de una posible destrucción de la conducción de gas que llega al mechero con el correspondiente riesgo de escape y explosión. Los mecheros sólo estarán encendidos cuando resulte necesario. Al finalizar el uso del mechero hay que comprobar que la llave de paso está cerrada.

ⓘ Durante el calentamiento de un tubo de ensayo en un mechero Bunsen hay que hacer pequeños movimientos oscilatorios sobre la llama para evitar que ésta apunte siempre hacia la misma zona del tubo. Siempre hay que dirigir la boca del tubo de ensayo hacia un lado en el que no haya ninguna persona para impedir que una proyección fortuita cause daños. Los líquidos inflamables jamás deben aproximarse a una fuente de calor con llama.

- **Manta calefactora** (*heating mantle*): consiste en una serie de resistencias eléctricas montadas adecuadamente en un dispositivo de forma semiesférica que permite conseguir temperaturas de 500 °C. Con ella se logra una temperatura más uniforme a lo largo de todo el recipiente que se desea calentar (si es que se ajusta a la forma de la manta) y una pérdida menor de energía que con el mechero Bunsen. Además se reduce el riesgo de incendio o explosión al no haber llama alguna.

Otro material

- **Gradilla** (*test-tube rack*): construida en plástico, metal o madera, sirve de soporte a varios tubos de ensayo manteniéndolos verticales, evitando que se derramen sus contenidos.



Figura 19. Manta calefactora.

- **Soporte** (*support stand*): placa de metal, o de plástico, rectangular y pesada a la cual se atornilla una varilla, habitualmente metálica, de unos 60 cm de altura. Junto con una pinza y la doble nuez, permiten la sujeción del material en la meseta de trabajo.

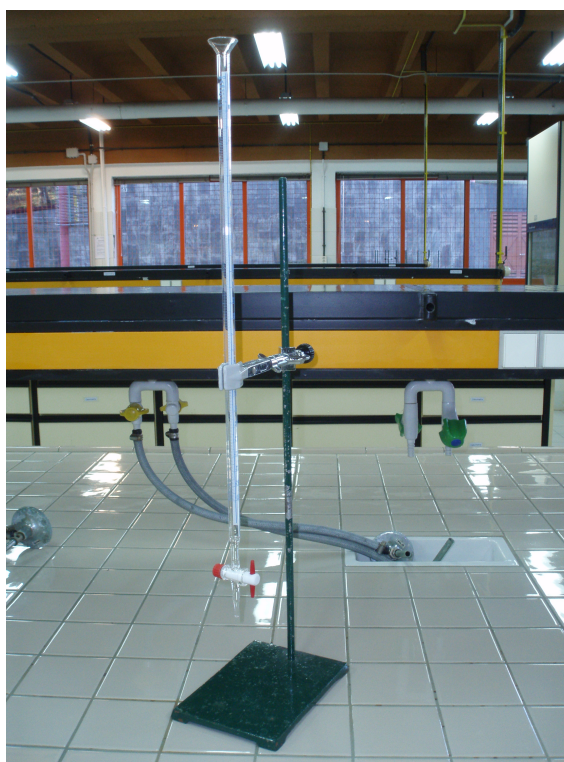


Figura 20. Bureta montada en un soporte.

- **Cucharilla** (*lab spoon*): sirve para extraer de los recipientes los reactivos sólidos.
- **Espátula** (*spatula*): sirve para manipular reactivos sólidos.
- **Pinza para tubos de ensayo**: suele estar hecha de madera y se usa para sujetar tubos de ensayo que han de ser calentados, bien a la llama del mechero Bunsen, bien en un baño de agua caliente.



Figura 21. Pinza para tubos de ensayo y dos espátulas dobles (plana y cuchara) de diferentes tamaños.

- **Doble nuez** (*clamp holder*): permite la sujeción de la pinza a la varilla del soporte.
- **Pinza** (*clamp*): se utiliza para sujetar el material de vidrio al soporte y mantenerlo a una determinada altura sobre la mesa de trabajo experimental.
- **Escobilla** (*laboratory brush*): utensilio para la limpieza de tubos de ensayo y material de vidrio que tengan suciedad en zonas de difícil acceso.
- **Aros** (*support rings*): se utilizan como soporte para embudos (en las operaciones de filtrado) y rejillas (en la calefacción con un mechero Bunsen). Con la ayuda de la doble nuez, se pueden sujetar a la varilla del soporte.



Figura 22. Doble nuez, pinza y aro.