

Aspectos generales en un laboratorio químico

1. Importancia de la formación experimental

La actividad del científico consiste en realizar accidental o premeditadamente una serie de observaciones (*observación-experimentación*), después buscar las causas de lo observado (*¿por qué?*) y por último comunicar lo que ha descubierto (*comunicación*).

1) Observación-experimentación

Un experimento u observación científica es una observación realizada en condiciones especialmente controladas; es decir, que pueden ser fijadas en un valor conocido y pueden hacerse variar si así se desea (por ejemplo, la temperatura de una reacción). Este tipo de observaciones se realizan mejor en un local especialmente acondicionado para ello que se denomina laboratorio.

2) Buscar los por qués de los fenómenos

La experimentación incita a preguntarnos el «*por qué*». La comparación con otro proceso, lo más similar posible y que se conozca bien, permite ir encontrando las causas del fenómeno estudiado. El desarrollo de la ciencia se basa en encontrar y comprobar las interconexiones lógicas entre fenómenos que, aparentemente, pueden parecer aislados e inconexos. Por ejemplo, no es casual que la sal común sea muy soluble en agua y el diamante no: el tipo de enlace y la fuerza del mismo entre las partículas que componen uno y otro justifican de forma lógica éste hecho.

3) Comunicación científica

Es una de las partes más importantes de la actividad científica que exige, no sólo observar cuidadosamente, sino registrar y transmitir lo observado en un lenguaje adecuado y de forma completa y clara, para que pueda ser comprendido por todos los científicos.

Por lo tanto, el trabajo experimental es de gran importancia para el desarrollo de la ciencia. El laboratorio es el lugar donde se realizan un gran número de observaciones y donde se intenta encontrar la respuesta a los «por qué» que nos incita la experimentación. Es por lo tanto un lugar de estudio y, desde luego, no es un lugar en el que exclusivamente se sigue un guion.

El aprovechamiento de un experimento depende, por tanto, de que:

1. Esté bien preparado y se haya reflexionado sobre el mismo previamente. Por esta razón, antes de llegar al laboratorio el alumno debe estudiarlo para que sepa en cualquier momento qué está haciendo y por qué lo hace.
2. Se observe todo lo que ocurre durante el mismo. Un buen científico es, ante todo, un observador cuidadoso.
3. Se anoten todos los resultados e incidencias que ocurran durante el mismo. Se utilizará para ello el cuaderno de laboratorio.
4. Se busquen las explicaciones lógicas a los resultados obtenidos. Si se observa algo que no coincide con lo esperado, se repetirá la experiencia. Si se obtienen los mismos resultados habrá que dar una explicación lógica basada en los conocimientos en ese campo. El científico debe utilizar su sentido común. Ha de aprender a ser intuitivo, curioso, original e imaginativo y a trabajar con una mente abierta e inquisitiva, interrogándose.
5. A partir de cada experimento se ha de hacer un esfuerzo por ampliar los conocimientos sobre ese punto. Siempre que sea posible se deben consultar libros, revistas, etc. como ayuda para la interpretación de los resultados.

1.1. Normas de seguridad en un laboratorio químico

Un laboratorio químico puede y debe ser un lugar seguro para trabajar. Ahora bien, se pueden generar accidentes, algunos de poca importancia, pero otros de considerable gravedad. Estos «accidentes» no suceden por azar, sino que aparecen por descuidos o faltas de atención en el trabajo y, en general, obedecen a tres causas: fuegos, contacto con productos químicos peligrosos y daños de tipo mecánico (cortes, etc.). Para evitar accidentes se deberá trabajar con cautela y siguiendo las normas básicas de seguridad personal y colectiva. En caso de que se produzcan se intentará mantener la serenidad.

Precauciones generales

- No piense que los accidentes solamente ocurren a otros.
- Cualquier producto químico es peligroso mientras no se demuestre lo contrario

- No trabaje en el laboratorio solo, un accidente puede carecer de importancia si es ayudado por alguien, pero podría ser de gravedad si se encontrara solo.
- No varíe sin consultar las condiciones de la experiencia o las concentraciones de reactivos.
- Mantenga su lugar de trabajo limpio y ordenado. Una mesa llena de botellas, material de laboratorio, reactivos, etc. puede dar lugar a más accidentes y a más problemas que una mesa ordenada. Nunca mantenga su bolso u otros objetos personales en la mesa del laboratorio.
- En el laboratorio, lleve puestas las gafas de seguridad en todo momento.
- Lleve zapatos (no de tela) cerrados para que protejan los pies.
- Utilice siempre una bata para proteger su ropa.
- Sepa en cada momento que es lo que está manejando y cómo debe ser manipulado. Si no lo conoce, consultelo. Antes de manejar, pesar, abrir una botella de reactivo, etc., lea cuidadosamente la etiqueta del recipiente que lo contenga, léala dos veces. Nunca manipule un producto contenido en una botella sin identificar e identifique cualquier reactivo que usted prepare.
- Nunca maneje productos químicos con las manos, utilice siempre espátulas, pinzas o el material adecuado. Nunca estruje o rompa partículas sólidas con los dedos, pueden saltar hacia usted mismo o un compañero.
- Si algún producto peligroso cae sobre la piel, lave con agua la zona hasta asegurarse que ha arrastrado cualquier residuo del producto. Si el producto es insoluble en agua, ayúdese con jabón. Si la zona afectada es muy grande utilice la ducha de seguridad. Al retirar la bata o ropa contaminadas, tenga cuidado de no mancharse más. Si la situación lo exige acuda a un médico con la mayor información posible acerca del producto.
- Nunca ingiera un producto químico. Nunca pruebe una sustancia para conocer su sabor. Nunca aspire con la boca por una pipeta. Cualquier producto puede adherirse a las manos y terminar en la boca. Coja el hábito de lavarse las manos siempre que se manche y antes de salir del laboratorio. Nunca coma o beba dentro del laboratorio. Si ingiere algún producto peligroso lave la boca con agua repetidamente y asegúrese de que no traga este agua de lavado. Despues beba agua para diluir el producto en el estómago. No provoque el



vómito. Si el caso es grave acuda al médico con la máxima información posible acerca del producto ingerido.

- Utilice guantes. Antes de usarlos compruebe que no tienen fugas (llenándolos de aire). Tenga cuidado al retirarlos para no mancharse.
- Si necesita oler un vapor nunca coloque la nariz directamente encima del recipiente que lo contiene, dirija cuidadosamente con la mano hacia usted algo de los vapores que salen del recipiente.
- Utilice una campana extractora para manejar cualquier producto que pueda ser tóxico, irritante respiratorio o tenga un fuerte olor, también si maneja ácidos fuertes concentrados. Si lo cree necesario utilice una máscara protectora.
- Si un compañero ha respirado un gas tóxico, aléjense de la zona contaminada y aflójele la ropa. Si pierde el conocimiento acuda a un médico con la máxima información posible acerca del gas contaminante. Facilite la buena ventilación del laboratorio.
- Para diluir con agua soluciones concentradas (especialmente de ácidos), añádalas en pequeñas cantidades sobre el agua y nunca al revés.
- Nunca vuelque los recipientes en donde se están desarrollando reacciones químicas, tampoco utilice los dedos para tapar los tubos o matraces que quiere agitar.
- Para evitar riesgos de explosiones no caliente recipientes herméticamente cerrados
- Antes de abandonar el laboratorio compruebe que el agua y la electricidad están cerrados.



Precauciones contra cortes y quemaduras

- Nunca se debe introducir a través de un tapón de goma o un corcho un tubo de vidrio (incluyendo termómetros) sin humedecer previamente tubo y agujero.
- Cuando un tapón de vidrio o un esmerilado quedan unidos a otra pieza de vidrio comuníquese al profesor y no intente separarlos.
- El material roto deséchelo en los contenedores adecuados y nunca los utilice en los experimentos.
- En caso de herida indíquelo al profesor. Si se hace un corte con un cristal, retire el cristal y límpie con agua o alguna solución desinfectante. Si hay hemorragia presione sobre ella para pararla. Si la herida es muy grande acuda a un centro médico

Precauciones contra incendios

Tienen su origen principalmente en:

- a) líquidos inflamables. Entre ellos casi todos los disolventes orgánicos
 - b) ciertas reacciones químicas,
 - c) instalación eléctrica
- Nunca fume en el laboratorio.
 - Nunca encienda una llama o aplique calor a disolventes inflamables como éteres, benceno, gasolina, acetona, alcoholes, etc. Si necesita calentar disolventes de punto de ebullición inferior a 100 °C utilice el baño maría o manta calefactora. Para calentar productos inflamables es aconsejable utilizar la campana extractora, ya que si se produce un pequeño incendio, cerrándola impediremos su propagación.
 - Asegúrese de que no hay vertidos o botellas abiertas de disolventes inflamables por los alrededores (pueden desprender vapores inflamables que llenan hasta usted). Limpie cualquier resto de disolvente que haya caído sobre la mesa de trabajo o el suelo, no vierta disolventes inflamables sobre superficies o recipientes calientes, no elimine los residuos líquidos por la fregadera y mantenga los disolventes inflamables en recipientes cerrados en sus armarios correspondientes.
 - En caso de inflamarse un líquido se cubrirá el recipiente que lo contiene con un vidrio de reloj, tela ignífuga, vaso de precipitados o matraz vacío y se evitará la propagación del fuego. Nunca se intentará apagar con agua.
 - Si la ropa de una persona empieza a arder no debe correr (avivaría la llama), envuélvala con alguna prenda (bata, etc.). Es recomendable cerrar los puños de las batas, si los tienen, para evitar un posible contacto de los mismos por descuido con las superficies calientes. Por la misma razón es recomendable mantener recogido el pelo largo.
 - Las quemaduras leves se alivian sumergiendo la parte afectada en agua fría o en hielo. En el caso de quemaduras por productos químicos, lavar con agua fría durante unos minutos. No es aconsejable el uso de pomadas. Las quemaduras graves deben ser vistas por un médico.
 - En caso de incendio notifíquelo, no se acerque al fuego o deje que se interponga entre usted y la salida de la habitación. Nunca se debe entrar en un laboratorio incendiado, especialmente si es desconocido.

Protección de los ojos

- Son la parte del cuerpo más vulnerable. En el laboratorio, lleve puestas las gafas de seguridad en todo momento.
- Nunca mire tubos de ensayo o matraces por la abertura. De la misma forma, nunca los dirija hacia el compañero o hacia uno mismo, mucho menos cuando los esté calentando.
- Evite llevar lentillas, dificultan el lavado de los ojos si entra algún producto en ellos. Además, si se produce la entrada de sustancias químicas en el ojo y la persona queda inconsciente, el personal de auxilio puede no darse cuenta de que lleva lentes de contacto.
- Si algún líquido cae sobre los ojos utilice el lavaojos para lavarlos con abundante agua. Para ello, quitese las lentillas si las llevaba; mantenga los ojos abiertos, incluso retirando suavemente los párpados; eche agua, no directamente al globo ocular, sino a la base de la nariz y lave de la nariz hacia las orejas para que no se contamine el otro ojo, durante, al menos, 15 minutos.



Leer la etiqueta de un reactivo comercial

Los productos químicos pueden tener diferentes efectos sobre la salud humana o animal. Por esta razón, además del nombre y las características del reactivo, en la etiqueta de los envases aparece la información sobre peligros del mismo o sobre las precauciones de su manipulación. La Unión Europea (UE), mediante el Reglamento (CE) 1272/2008, ha adaptado su sistema de clasificación, etiquetado y envasado (CLP) al Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación de Productos Químicos (SGA) de las Naciones Unidas. Esta armonización refuerza la protección de la salud y del medio ambiente, y mejora la libre circulación de las sustancias químicas y sus mezclas.

Esta información aparece de diferentes formas: pictogramas de peligro, palabras de advertencia, indicaciones de peligro (frases H) y consejos de prudencia (frases P).

- a. **Pictogramas de peligro:** llevarán un símbolo negro sobre un fondo blanco, con un marco rojo lo suficientemente ancho para ser claramente visible. Tienen forma de cuadrado apoyado en un vértice:

| SGA - Pictogramas de peligro y ejemplos sobre sus correspondientes clases de peligro | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <u>Peligros físicos</u> | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Explosivos | Líquidos inflamables | Líquidos comburentes | Gases comprimidos | Corrosivo para los metales |
| <u>Peligros para la salud humana</u> | | | <u>Peligros para el medio ambiente</u> | |
|  |  |  |  |  |
| Toxicidad aguda | Corrosión cutánea | Irritación cutánea | CMR ⁽¹⁾ , STOT ⁽²⁾ , Peligro por aspiración | Peligroso para el medio ambiente acuático |

(1) Carcinogenicidad, mutagenicidad en células germinales, toxicidad para la reproducción (CMR: Carcinogenic, Mutagenic, toxic to Reproduction)

(2) Toxicidad específica en determinados órganos (STOT: Specific Target Organ Toxicity)

Peligros físicos

Explosivos: productos que pueden explosionar al contacto con una llama, chispa, electricidad estática, bajo efecto del calor, choques, fricción, etc.

Líquidos inflamables: productos que pueden inflamarse al contacto con una fuente de ignición (llama, chispa, etc.), por calor o fricción, al contacto con el aire o el agua, o si se liberan gases inflamables.

Líquidos comburentes: pueden provocar o agravar un incendio o una explosión en presencia de productos combustibles.

Gases comprimidos: gases a presión en un recipiente. Algunos pueden explotar con el calor: se trata de gases comprimidos, licuados o disueltos. Los licuados refrigerados pueden producir quemaduras o heridas relacionadas con el frío. Son las llamadas quemaduras o heridas criogénicas.

Productos corrosivos: productos que pueden atacar o destruir metales.

Peligros para la salud humana

Toxicidad aguda: producen efectos adversos para la salud, incluso en pequeñas dosis. Pueden provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conocimiento, e incluso la muerte.

Corrosión cutánea: pueden causar daños irreversibles a la piel u ojos, en caso de contacto o proyección.

Irritación cutánea: productos que producen efectos adversos en dosis altas. También pueden producir irritación en ojos, garganta, nariz y piel. Pueden provocar alergias cutáneas, somnolencia y vértigo.

Peligro grave para la salud: engloba varios tipos de productos:

- productos cancerígenos, pudiendo provocar cáncer
- productos mutagénicos, que pueden modificar el ADN de las células y pueden provocar daños a personas expuestas o a su descendencia
- productos tóxicos para la reproducción, pueden producir efectos nefastos en las funciones sexuales, perjudicar la fertilidad o provocar la muerte del feto o producir malformaciones;
- productos que pueden modificar el funcionamiento de ciertos órganos, como el hígado, el sistema nervioso, etc.
- productos que pueden entrañar graves efectos sobre los pulmones y/o que pueden provocar alergias respiratorias.

Peligro para el medio ambiente

Peligrosos para el medio ambiente acuático: Provocan efectos nefastos para los organismos del medio acuático (peces, crustáceos, algas, etc.)

b. **Palabras de advertencia:** indica el nivel relativo de gravedad de los peligros. Se distinguen los dos niveles siguientes:

- «peligro»: para indicar las categorías de peligro más graves;
- «atención»: para indicar las categorías de peligro menos graves

Dentro de las palabras de advertencia, se distinguen:

- **Indicaciones de peligro (frases H)** (ver anexo): Son códigos numéricos precedidos de la letra H que describen la naturaleza de los peligros de una sustancia o mezcla peligrosas. En algunos casos aparecen las siglas EU delante de la H indicando códigos del CLP que cubren peligros no contemplados en el SGA.
- **Consejos de prudencia (frases P)** (ver anexo): Son códigos numéricos precedidos de la letra P que describen la medida o medidas recomendadas para minimizar o evitar los efectos adversos causados por la exposición a una sustancia o mezcla peligrosa durante su uso o eliminación.

1.2. Normas generales de trabajo en el laboratorio

- Conozca todas las normas de seguridad en el trabajo de laboratorio. Ante una duda, siempre es más prudente preguntar que realizar acciones peligrosas.
- Los grifos de agua y las tomas de vacío deben mantenerse siempre cerrados, excepto cuando se estén utilizando.
- No contamine los reactivos de las botellas, para ello:
 - nunca devuelva el reactivo sobrante a la botella de donde lo ha sacado,
 - nunca introduzca pipetas, espátulas u otros materiales directamente en los recipientes en donde están contenidos los reactivos.
 - nunca deje el tapón de una botella boca abajo en contacto con la mesa de trabajo, se puede manchar y contaminar después el reactivo al volver a cerrar la botella.
- Antes de iniciar una práctica el alumno debe:
 - conocer la teoría de la misma,
 - contar con el material y reactivos necesarios. Si se necesita algún material adicional no lo tome de otras mesas, pídalos al profesor. Si se rompe algún aparato o material se debe poner en conocimiento del profesor inmediatamente que, en caso necesario, será quien lo sustituya.
- Si por cualquier causa debe suspenderse una experiencia se asegurará que no se producirán reacciones secundarias o de descomposición antes de volver a reanudarse la práctica y que se ha anotado en todos los recipientes la naturaleza de su contenido, así como que se ha registrado en el cuaderno de laboratorio el estado de la experiencia en el momento de su interrupción.
- Antes de abandonar el laboratorio:
 - el material debe quedar totalmente recogido,
 - los aparatos prestados o de uso común se dejan en su sitio,
 - la zona de la mesa que corresponde a cada alumno debe quedar completamente limpia, así como el fregadero, donde no deben abandonarse residuos o material de laboratorio.

Tratamiento de residuos

Muchas de las sustancias químicas de uso común en el laboratorio pueden dañar a plantas, animales y personas si se desechan de manera inadecuada. Para favorecer

la seguridad de las personas que trabajan en el laboratorio y evitar la contaminación del medio ambiente, se seguirán las siguientes normas:

Residuos sólidos

- Los residuos insolubles, como papeles de filtro usados, tapones de corcho, guantes de laboratorio usados, etc. se deben echar en las papeleras que se encuentran a los lados de las mesas de trabajo, nunca en los desagües.
- Los productos obtenidos por síntesis o cristalización deberán introducirse en un recipiente que se les dará a tal efecto y deberán etiquetarlo poniendo la fecha y nombre del producto. Junto con los reactivos sólidos sobrantes, se entregarán al profesor o se desecharán en el recipiente adecuado
- El material de vidrio roto se tirará a la papelera dispuesta especialmente para ello.

Residuos líquidos

- Nunca se eliminarán por el desagüe. Se echarán a garrafas adecuadas (sólidas y resistentes a los residuos) debidamente identificadas para su correcta eliminación.

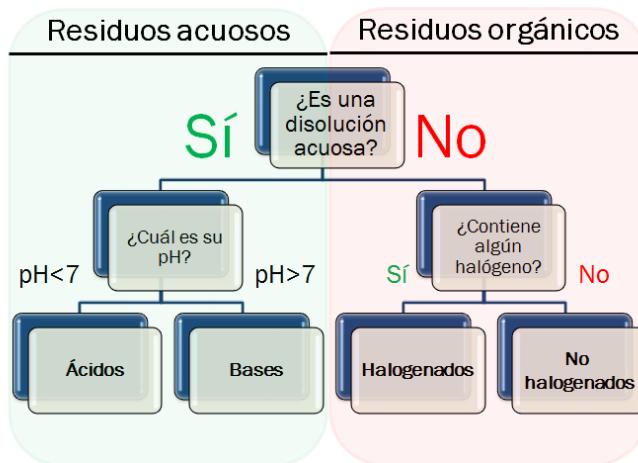
En el laboratorio va a disponer de 5 garrafas para residuos líquidos, identificadas de la siguiente manera:

- Residuos acuosos básicos: en este recipiente se recogen los residuos acuosos con un pH > 7.
- Residuos acuosos ácidos: en este recipiente se recogen los residuos acuosos con un pH < 7.
- Residuos orgánicos no halogenados: en este recipiente se almacenan los residuos de naturaleza orgánica que no contengas halógenos.
- Residuos orgánicos halogenados: este recipiente contiene los residuos de naturaleza orgánica que contengan uno o varios halógenos (Flúor, F; Cloro, Cl; Bromo, Br; Iodo, I)
- Acetona para reciclar: este recipiente debe contener únicamente la acetona que se ha utilizado para arrastrar el agua del material ya limpio. Es una manera de que el secado de material de vidrio sea más sencillo.

Tras la finalización de las prácticas se procede al reciclado de dicha acetona por destilación para su posterior reutilización como acetona para lavado, por lo que dicha garrafa no debe estar contaminada con reactivos químicos de ninguna naturaleza.

En el caso de que la acetona que hayamos utilizado para arrastrar el agua del material se hubiera contaminado con residuos contenidos en dicho material, se procederá a su eliminación a la garrafa de residuos orgánicos no halogenados.

Cuando vaya a eliminar un residuo líquido debe preguntarse ¿cuál es la naturaleza de dicho residuo? El siguiente árbol de decisiones le puede ayudar a eliminar correctamente los residuos químicos generados.



Modo de hacer el cuaderno de laboratorio

La ciencia avanza porque los científicos comunican sus descubrimientos y éstos pueden ser reproducidos por cualquier investigador. Esto es posible si durante el desarrollo de las experiencias el científico deja constancia de todas las actividades que realiza, desde las previas al experimento propiamente dicho, hasta las conclusiones de éste, así como sus dificultades, dudas, observaciones fuera de lo previsto y razonamientos. Por ello, como parte importante de su formación científica, debe aprender a llevar un cuaderno de laboratorio, en el que se anote cuidadosamente su trabajo experimental, todo lo que se hizo y lo que se observó.

- Los cuadernos de laboratorio se han de hacer lo más limpios y claros posible, pero es más importante que recojan toda la experiencia que su apariencia. No hay problema en incluir notas adicionales, correcciones, etc.
- Se ha de escribir de forma concisa, clara y preferentemente impersonal (se disuelve..., mejor que: disuelvo....). No se dejarán espacios en blanco, y si es

así se deberán cruzar con una línea para indicar que no se debe añadir nada con posterioridad a la terminación de la práctica.

- Se utilizarán cuadernos que no pierdan hojas fácilmente. En la primera hoja se pondrán los datos de identificación personal, así como el número de páginas del cuaderno.
- Cada experimento debe quedar descrito en los siguientes apartados: título, objetivo, procedimiento, observaciones, cálculos y conclusiones.
- Cada hoja irá numerada. Cada día se fechará y firmará la hoja en la que se va a trabajar. El cuaderno de laboratorio puede servir como registro legal de un descubrimiento si éste se quiere legalizar o patentar.
- Se anotarán en tinta (bolígrafo) negra todas las observaciones realizadas durante la práctica (formación de precipitados, aparición de color, espumas, olor, separación de capas, desprendimiento de gases, etc.) y todos los resultados obtenidos, incluyendo los cálculos efectuados. No confíe a la memoria un dato o una observación, ni los escriba sobre trozos sueltos de papel.
- Si tiene que corregir algún dato, no lo borre, táchelo con una sola línea cruzada y escriba en el espacio próximo el dato correcto y el motivo de la corrección. Datos considerados incorrectos o erróneos pueden ser luego de utilidad, los datos que parecían insignificantes el día del experimento pueden convertirse en cruciales unos días más tarde y observaciones que no tenían explicación al hacer el experimento se pueden comprender al cabo de un tiempo, al adquirir nuevos conocimientos.
- De los errores también se pueden sacar consecuencias positivas. Anote siempre lo que ocurra y no lo que debería ocurrir. Si lo que obtiene no coincide con lo esperado busque una explicación, pero no falsee nunca ni sus conclusiones ni sus resultados.
- Un cuaderno debe servir para anotar los propios datos y resultados. Incumple la ética del científico el apropiarse de datos de otros compañeros. Si se van a utilizar los resultados obtenidos por otros compañeros (por ejemplo para hacer una comparación, etc.) se debe tener su permiso y además indicar la fuente en el cuaderno.
- Aunque en el laboratorio trabaje por parejas, cada alumno debe realizar sus cálculos y anotaciones en el propio cuaderno. Probablemente los resultados y las conclusiones a los que se lleguen serán similares en ambos casos. Por ello, anote en el cuaderno el nombre de su compañero e indique que el trabajo se ha realizado de forma conjunta.

1.3. Unidades del sistema internacional

En el laboratorio es necesario realizar medidas de varias magnitudes, como masa, volumen, longitud, temperatura, tiempo, etc. Para eliminar barreras y facilitar el intercambio de conocimientos, las unidades en las que se deben expresar estas medidas deben ser las del llamado Sistema Internacional (SI) que incluye siete unidades básicas, de las cuales se derivan las demás. Las unidades básicas son: para la longitud el metro (m), para el peso el kilogramo (kg), para intensidad el amperio (A), para temperatura el grado kelvin (K), el mol (mol) para la cantidad de sustancia, el segundo (s) para el tiempo y la candela (cd) de intensidad luminosa. Las demás unidades se derivan de éstas.

Para indicar medidas más pequeñas o mayores se coloca delante de la unidad un prefijo que indica por cuánto hay que multiplicar la unidad básica para obtener la medida. Por ejemplo: kilo ($\times 1000$), hecto ($\times 100$), deca ($\times 10$), deci ($\times 0,1$), centi ($\times 0,01$), mili ($\times 0,001$). Muy utilizados en química son los prefijos micro ($m; \times 10^{-6}$) y nano ($n; \times 10^{-9}$), por ejemplo mL (microlitro) o ng (nanogramo).

Aunque en el laboratorio químico es habitual utilizar el litro (L) y sus derivados como unidad de volumen, utilizando el SI deberíamos hablar de dm^3 .

1.4. Operaciones matemáticas en un laboratorio químico

Normalmente en el laboratorio no se plantearán cálculos matemáticos complicados. Pero sí es necesario manejar correctamente las matemáticas elementales.

Cifras significativas

Al escribir un texto es muy importante elegir las palabras adecuadas y necesarias para expresar una idea. De hecho, escribir pocas o excesivas palabras puede hacer ininteligible cualquier frase. De la misma forma, el número que representa una medida física debe tener el número de dígitos necesarios y suficientes.

Imagine que dispone de una regla para medir distancias. Una de ellas graduada en cm, mientras que la segunda graduada en 0,1 cm. Cuando quiere medir una distancia observa que con la primera regla la distancia a medir supera la marca de 25 cm, pero es inferior a 26 cm. El resultado que podría dar sería el de 25,5 cm, con esto indicaría que el valor de 25 es seguro, mientras que el decimal es inexacto. En el caso de la segunda regla podría dar más información, podría decir que la distancia es de 25,55 cm. No tendría sentido decir que la distancia es de 25,5526 cm, porque todas las cifras después del segundo 5 son inseguras. Si quisiera mejorar la medida debería buscar otra regla dividida, por ejemplo, en 0,01 cm.

Se entiende por cifras significativas al conjunto de dígitos necesarios para expresar la precisión de una medida, de tal forma que, de todas las cifras dadas, solamente la última sea dudosa.

Los 9 primeros dígitos (1-9) son siempre cifras significativas, mientras que el 0 puede serlo o no. Un cero que esté rodeado de cifras significativas, por ejemplo en 30,35, siempre es significativo, ya que se lee directamente y con seguridad con un equipo de medida. Los ceros que sólo sirven para situar la cifra decimal no son significativos. Por ejemplo, en el 0,00250 los tres ceros iniciales no son significativos, ya que se ponen para indicar la cifra decimal porque no existe otro número, mientras que el último sí lo es porque indica que todas las cifras anteriores son exactas, aunque él pueda serlo o no. Si lo suprimiéramos estaríamos perdiendo información. Así, el 834,4 tiene 4 cifras significativas, lo mismo que el 0,08344, el 0,08304 o el 0,8340.

Para el buen uso de las cifras significativas hay que tener en cuenta que:

- en la representación del resultado de una medida sólo debe incluirse una cifra significativa incierta. Ejemplo: en una balanza cuyo fabricante da una tolerancia de $\pm 0,0002$ g, se podría leer el resultado 0,3334 g, que debería interpretarse como que el resultado real está entre 0,3332 g y 0,3336 g. Las tres cifras significativas anteriores al 4 serían exactas y en la última es donde se estaría cometiendo el error debido a la balanza. No tendría sentido dar un resultado con 5 decimales, por ejemplo 0,33345 g.
- cuando sea aconsejable prescindir de cifras superfluas debe incrementarse en una unidad la última cifra que se retiene si la suprimida es 5 o mayor de 5. Por ejemplo el 35,6782 se convertiría en un número con 4 cifras significativas como 35,68.
- cuando se realizan cálculos aritméticos con dos o más números se debe tener cuidado a la hora de expresar el resultado ya que es necesario conocer el número de dígitos significativos del mismo. Teniendo en cuenta que los números con los que operamos son los mejores valores de las cantidades que se hayan medido, no es admisible que se gane o que se pierda incertidumbre mientras que se realizan operaciones aritméticas con dichos números.

Se pueden establecer algunas sencillas reglas cuya aplicación intenta cumplir con esta condición.

Cifras significativas en sumas y diferencias

En una suma o una resta el número de dígitos del resultado viene marcado por la posición del menor dígito común de todos los números que se suman o se restan.

Por tanto, el número de cifras significativas de los números que se suman o se restan no es el criterio para establecer el número de cifras significativas del resultado.

Por ejemplo: (a) $4,3 + 0,030 + 7,31 = 11,6$

(b) $34,6 + 17,8 + 15 = 67$

(c) $34,6 + 17,8 + 15,7 = 68,1$

En los ejemplos (a) y (c) el menor dígito común a los sumandos es la décima (primer decimal), por tanto el resultado debe venir expresado hasta dicho decimal. En el ejemplo (b) el menor dígito común a los tres sumandos es la unidad, por tanto el resultado debe venir expresado hasta la unidad.

Cifras significativas en productos y cocientes

En un producto o una división el resultado debe redondearse de manera que contenga el mismo número de dígitos significativos que el número de origen que posea menor número de dígitos significativos.

Por tanto, a diferencia de la suma o la resta, en la multiplicación o la división el número de dígitos significativos de las cantidades que intervienen en la operación sí es el criterio a la hora de determinar el número de dígitos significativos del resultado.

Por ejemplo: (d) $x = \frac{(24 \times 4,52)}{100,0} = 1,1$

(e) $x = \frac{(24 \times 4,02)}{100,0} = 0,96$

(f) $x = 3,14159 \times 0,25^2 \times 2,352 = 0,46$

En los tres ejemplos expuestos el menor número de cifras significativas de los diferentes factores que intervienen en las operaciones es dos: se trata concretamente del número 24 en los ejemplos (d) y (e) y del número 0,25 en el ejemplo (f). Por tanto los resultados se deben redondear a dos cifras significativas.

Después de los cálculos

Una vez terminados los cálculos y obtenidos los resultados debe comprobarlos. Lo primero es pensar que todos los pasos han de ser comprobados y olvidarse de que los errores son cosa de otros. Después, pregúntese si el resultado obtenido es razonable y está dentro de un intervalo probable. Por ejemplo, si está calculando el precio de un coche nuevo, es evidente que si obtiene un valor de 120 euros, probablemente habrá cometido un error. De la misma forma si está buscando el porcentaje de un producto en una mezcla no puede obtener un 150 %.

Por último guarde todos los resultados:

- lo suficientemente ordenados como para que los pueda encontrar cuando sean necesarios,
- lo suficientemente completos como para que no sea necesario repetir la experiencia,
- lo suficientemente claros como para que cualquier otro científico pueda entenderlos y utilizarlos.

1.5. Errores experimentales. Exactitud y precisión

Por mucho cuidado que se ponga al trabajar, ninguna medida está totalmente libre de cierto error; así, se encuentra que los resultados de sucesivas mediciones difieren entre sí en mayor o menor grado.

Errores experimentales

Se pueden clasificar en determinados o sistemáticos e indeterminados o accidentales.

Un error determinado (sistemático) se origina por una causa permanente que actúa siempre en el mismo sentido. Es el que se comete por ejemplo cuando se utiliza un equipo mal calibrado. Normalmente se puede corregir trabajando con esmero y con los equipos adecuadamente mantenidos.

El error indeterminado (o accidental) es el conjunto de errores aleatorios que rodean al proceso de medida. Se debe a las limitaciones naturales para realizar mediciones físicas. Siempre existe, no puede ser corregido ni predicho y puede ser por exceso o por defecto.

Exactitud y precisión

La exactitud es la concordancia entre el valor hallado en una medida y el valor considerado verdadero.

Se llama error absoluto de una medida (E_A) a la diferencia entre el valor observado o medido (V_o) y el valor real (V_R): $E_A = V_o - V_R$

En general, los errores no se expresan como valores absolutos, sino como valores relativos; es decir, con respecto al valor real. Al cociente entre el error absoluto y el valor real en porcentaje se llama error relativo (E_R) o exactitud: $E_R = E_A/V_R \times 100$.

Hay ocasiones en las que no se conoce el valor real de una magnitud y se quiere expresar el resultado de una medición sin que se pueda dar el error como se ha definido anteriormente. Para ello se realizan una serie de medidas y se da su valor

medio (M). La diferencia entre una cualquiera de las medidas y el citado valor medio se denomina desviación absoluta (D_A).

Del mismo modo que ocurre con los errores, la desviación absoluta es poco significativa y tiene más significación práctica la desviación relativa o precisión (DR), que viene dada por el cociente entre la desviación absoluta y el valor medio, en porcentaje: $D_R = D_A/M \times 100$.

La precisión da idea de la reproducibilidad de las medidas.

Es fácil comprender que es prácticamente imposible alcanzar una buena exactitud sin precisión, pero que precisión no implica, de ninguna manera, exactitud.

1.6. Anexo

Frases de peligrosidad H:

Indicaciones de peligros físicos (H2)

H200 – Explosivo inestable.

H201 – Explosivo; peligro de explosión en masa.

H202 – Explosivo; grave peligro de proyección.

H203 – Explosivo; peligro de incendio, de onda expansiva o de proyección.

H204 – Peligro de incendio o de proyección.

H205 – Peligro de explosión en masa en caso de incendio.

H220 – Gas extremadamente inflamable.

H221 – Gas inflamable.

H222 – Aerosol extremadamente inflamable.

H223 – Aerosol inflamable.

H224 – Líquido y vapores extremadamente inflamables.

H225 – Líquido y vapores muy inflamables.

H226 – Líquidos y vapores inflamables.

H228 – Sólido inflamable.

H240 – Peligro de explosión en caso de calentamiento.

H241 – Peligro de incendio o explosión en caso de calentamiento.

H242 – Peligro de incendio en caso de calentamiento.

H250 – Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.

H251 – Se calienta espontáneamente; puede inflamarse.

- H252 – Se calienta espontáneamente en grandes cantidades; puede inflamarse.
- H260 – En contacto con el agua desprende gases inflamables que pueden inflamarse espontáneamente.
- H261 – En contacto con el agua desprende gases inflamables.
- H270 – Puede provocar o agravar un incendio; comburente.
- H271 – Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.
- H272 – Puede agravar un incendio; comburente.
- H280 – Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
- H281 – Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.
- H290 – Puede ser corrosivo para los metales.

Indicaciones de peligro para la salud humana (H3)

- H300 – Mortal en caso de ingestión.
- H301 – Tóxico en caso de ingestión.
- H302 – Nocivo en caso de ingestión.
- H304 – Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
- H310 – Mortal en contacto con la piel.
- H311 – Tóxico en contacto con la piel.
- H312 – Nocivo en contacto con la piel.
- H314 – Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- H315 – Provoca irritación cutánea.
- H317 – Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
- H318 – Provoca lesiones oculares graves.
- H319 – Provoca irritación ocular grave.
- H330 – Mortal en caso de inhalación.
- H331 – Tóxico en caso de inhalación.
- H332 – Nocivo en caso de inhalación.
- H334 – Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
- H335 – Puede irritar las vías respiratorias.
- H336 – Puede provocar somnolencia o vértigo.

- H340 – Puede provocar defectos genéticos.
- H341 – Se sospecha que provoca defectos genéticos.
- H350 – Puede provocar cáncer.
- H351 – Se sospecha que provoca cáncer.
- H360 – Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto.
- H361 – Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto.
- H362 – Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
- H370 – Provoca daños en los órganos.
- H371 – Puede provocar daños en los órganos
- H372 – Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas
- H373 – Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas

Indicaciones de peligro para el medio ambiente (H4)

- H400 – Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- H410 – Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H411 – Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H412 – Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- H413 – Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Información suplementaria sobre los peligros (EUH)

- EUH 001 – Explosivo en estado seco.
- EUH 006 – Explosivo en contacto o sin contacto con el aire.
- EUH 014 – Reacciona violentamente con el agua.
- EUH 018 – Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas o inflamables.
- EUH 019 – Puede formar peróxidos explosivos.
- EUH 044 – Riesgo de explosión al calentarla en ambiente confinado.
- EUH 029 – En contacto con agua libera gases tóxicos.
- EUH 031 – En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- EUH 032 – En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
- EUH 066 – La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

- EUH 070** – Tóxico en contacto con los ojos.
- EUH 071** – Corrosivo para las vías respiratorias.
- EUH 059** – Peligroso para la capa de ozono.
- EUH 201** – Contiene plomo. No utilizar en objetos que los niños puedan masticar o chupar.
- EUH 201A** – ¡Atención! Contiene plomo.
- EUH 202** – Cianoacrilato. Peligro. Se adhiere a la piel y a los ojos en pocos segundos. Mantener fuera del alcance de los niños.
- EUH 203** – Contiene cromo (VI). Puede provocar una reacción alérgica.
- EUH 204** – Contiene isocianatos. Puede provocar una reacción alérgica.
- EUH 205** – Contiene componentes epoxídicos. Puede provocar una reacción alérgica.
- EUH 206** – ¡Atención! No utilizar junto con otros productos. Puede desprender gases peligrosos (cloro).
- EUH 207** – ¡Atención! Contiene cadmio. Durante su utilización se desprenden vapores peligrosos. Ver la información facilitada por el fabricante. Seguir las instrucciones de seguridad.
- EUH 208** – Puede provocar una reacción alérgica.
- EUH 209** – Puede inflamarse fácilmente al usarlo
- EUH 209A** – Puede inflamarse al usarlo.
- EUH 210** – Puede solicitarse la ficha de datos de seguridad.
- EUH 401** – A fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente, siga las instrucciones de uso.

Frases de precaución P:

Carácter general (P1)

- P101** – Si se necesita consejo médico, tener a mano el envase o la etiqueta.
- P102** – Mantener fuera del alcance de los niños.
- P103** – Leer la etiqueta antes del uso.

Prevención (P2)

- P201** – Pedir instrucciones especiales antes del uso.
- P202** – No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad.

- P210 – Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. No fumar.
- P211 – No pulverizar sobre una llama abierta u otra fuente de ignición.
- P220 – Mantener o almacenar alejado de la ropa/.../materiales combustibles.
- P221 – Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con materias combustibles...
- P222 – No dejar que entre en contacto con el aire.
- P223 – Mantener alejado de cualquier posible contacto con el agua, pues reacciona violentamente y puede provocar una llamarada.
- P230 –Mantener humedecido con...
- P231 – Manipular en gas inerte.
- P232 – Proteger de la humedad.
- P233 – Mantener el recipiente herméticamente cerrado.
- P234 – Conservar únicamente en el recipiente original.
- P235 – Mantener en lugar fresco.
- P240 – Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.
- P241 – Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación/.../antideflagrante.
- P242 – Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas.
- P243 – Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.
- P244 – Mantener las válvulas de reducción limpias de grasa y aceite.
- P250 – Evitar la abrasión/el choque/.../la fricción.
- P251 – Recipiente a presión: no perforar ni quemar, aun después del uso.
- P260 – No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.
- P261 – Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.
- P262 – Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa.
- P263 – Evitar el contacto durante el embarazo/la lactancia.
- P264 – Lavarse concienzudamente tras la manipulación.
- P270 – No comer, beber ni fumar durante su utilización.
- P271 – Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.
- P272 – Las prendas de trabajo contaminadas no podrán sacarse del lugar de trabajo.

- P273 – Evitar su liberación al medio ambiente.
- P280 – Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
- P281 – Utilizar el equipo de protección individual obligatorio.
- P282 – Llevar guantes que aíslen del frío/gafas/máscara.
- P283 – Llevar prendas ignífugas/resistentes al fuego/resistentes a las llamas.
- P284 – Llevar equipo de protección respiratoria.
- P285 – En caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria.
- P231 + P232 – Manipular en gas inerte. Proteger de la humedad.
- P235 + P410 – Conservar en un lugar fresco. Proteger de la luz del sol.

Respuesta (P3)

- P301 – EN CASO DE INGESTIÓN:
- P302 – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL:
- P303 – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo):
- P304 – EN CASO DE INHALACIÓN:
- P305 – EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS:
- P306 – EN CASO DE CONTACTO CON LA ROPA:
- P307 – EN CASO DE exposición:
- P308 – EN CASO DE exposición manifiesta o presunta:
- P309 – EN CASO DE exposición o malestar:
- P310 – Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.
- P311 – Llamar a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.
- P312 – Llamar a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico en caso de malestar.
- P313 – Consultar a un médico.
- P314 – Consultar a un médico en caso de malestar.
- P315 – Consultar a un médico inmediatamente.
- P320 – Se necesita urgentemente un tratamiento específico (ver ... en esta etiqueta).
- P321 – Se necesita un tratamiento específico (ver ... en esta etiqueta).
- P322 – Se necesitan medidas específicas (ver ... en esta etiqueta).

- P330 – Enjuagarse la boca.
- P331 – No provocar el vómito.
- P332 – En caso de irritación cutánea:
- P333 – En caso de irritación o erupción cutánea:
- P334 – Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.
- P335 – Sacudir las partículas que se hayan depositado en la piel.
- P336 – Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada.
- P337 – Si persiste la irritación ocular:
- P338 – Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
- P340 – Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
- P341 – Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
- P342 – En caso de síntomas respiratorios:
- P350 – Lavar suavemente con agua y jabón abundantes.
- P351 – Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos.
- P352 – Lavar con agua y jabón abundantes.
- P353 – Aclararse la piel con agua/ducharse.
- P360 – Aclarar inmediatamente con agua abundante las prendas y la piel contaminadas antes de quitarse la ropa.
- P361 – Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas.
- P362 – Quitarse las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.
- P363 – Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.
- P370 – En caso de incendio:
- P371 – En caso de incendio importante y en grandes cantidades:
- P372 – Riesgo de explosión en caso de incendio.
- P373 – NO luchar contra el incendio cuando el fuego llega a los explosivos.
- P374 – Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales.
- P375 – Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.
- P376 – Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.

- P377 – Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.
- P378 – Utilizar... para apagarlo.
- P380 – Evacuar la zona.
- P381 – Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.
- P390 – Absorber el vertido para que no dañe otros materiales.
- P391 – Recoger el vertido.
- P301 + P310 – EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
- P301 + P312 – EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico si se encuentra mal.
- P301 + P330 + P331 – EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
- P302 + P334 – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Sumergir en agua fresca/ aplicar compresas húmedas.
- P302 + P350 – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar suavemente con agua y jabón abundantes.
- P302 + P352 – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes..
- P303 + P361 + P353 – EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua o ducharse.
- P304 + P340 – EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
- P304 + P341 – EN CASO DE INHALACIÓN: Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
- P305 + P351 + P338 – EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
- P306 + P360 – EN CASO DE CONTACTO CON LA ROPA: Aclarar inmediatamente con agua abundante las prendas y la piel contaminadas antes de quitarse la ropa.

- P307 + P311 – EN CASO DE exposición: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
- P308 + P313 – EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.
- P309 + P311 – EN CASO DE exposición o si se encuentra mal: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
- P332 + P313 – En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.
- P333 + P313 – En caso de irritación o erupción cutánea: Consultar a un médico.
- P335 + P334 – Sacudir las partículas que se hayan depositado en la piel. Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.
- P337 + P313 – Si persiste la irritación ocular: Consultar a un médico.
- P342 + P311 – En caso de síntomas respiratorios: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
- P370 + P376 – En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.
- P370 + P378 – En caso de incendio: Utilizar ... para apagarlo.
- P370 + P380 – En caso de incendio: Utilizar ... para apagarlo.
- P370 + P380 + P375 – En caso de incendio: Evacuar la zona. Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.
- P371 + P380 + P375 – En caso de incendio importante y en grandes cantidades: Evacuar la zona. Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.

Almacenamiento (P4)

- P401 – Almacenar ...
- P402 – Almacenar en un lugar seco.
- P403 – Almacenar en un lugar bien ventilado.
- P404 – Almacenar en un recipiente cerrado.
- P405 – Guardar bajo llave.
- P406 – Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión/... con revestimiento interior resistente.
- P407 – Dejar una separación entre los bloques/los palés de carga.
- P410 – Proteger de la luz del sol.
- P411 – Almacenar a temperaturas no superiores a ... °C/...°F.
- P412 – No exponer a temperaturas superiores a 50 °C/122°F.

- P413 – Almacenar las cantidades a granel superiores a ... kg/... lbs a temperaturas no superiores a ... °C/...°F.
- P420 – Almacenar alejado de otros materiales.
- P422 – Almacenar el contenido en ...
- P402 + P404 – Almacenar en un lugar seco. Almacenar en un recipiente cerrado.
- P403 + P233 – Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.
- P403 + P235 – Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.
- P410 + P403 – Proteger de la luz del sol. Almacenar en un lugar bien ventilado.
- P410 + P412 – Proteger de la luz del sol. No exponer a temperaturas superiores a 50 °C/122°F.
- P411 + P235 – Almacenar a temperaturas no superiores a ... °C/...°F. Mantener en lugar fresco.

Eliminación (P5)

- P501 – Eliminar el contenido/el recipiente en ...

2. Descripción del material de laboratorio

En un laboratorio químico se usan una gran variedad de utensilios, cuya composición, forma y capacidad dependen de la aplicación que se les atribuya en un proceso determinado. Cada utensilio tiene un nombre por el que debe ser identificado. Por lo tanto, en el laboratorio se evitará la expresión «cacharro» o «cosa» y se hablará del material con propiedad.



2.1. Material metálico

En el laboratorio se utiliza sobre todo el hierro y sus aleaciones, generalmente recubierto de alguna capa que le haga resistente a la humedad y a agentes atmosféricos.

féricos. También se suele utilizar el cobre por su gran conductividad, tanto del calor como de la corriente eléctrica. El material metálico más usual son soportes, aros, nueces, pinzas, mecheros, etc.

2.2. Material cerámico

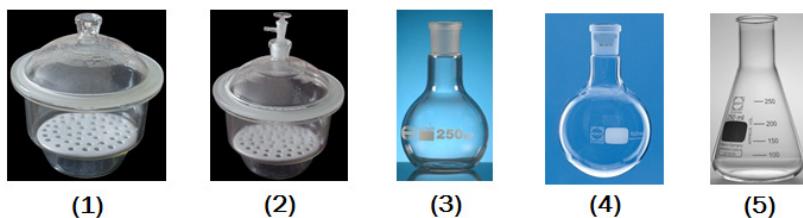
El más frecuente es la porcelana, resistente a calentamientos prolongados y temperaturas elevadas. Se utiliza, en lugar del vidrio aunque sea pyrex, para inflamar materiales, desecarlos, etc. Sin embargo, no resisten la acción de las sustancias fuertemente reductoras ni la acción de los álcalis. Con porcelana se fabrican embudos Büchner, cápsulas, crisoles, etc.

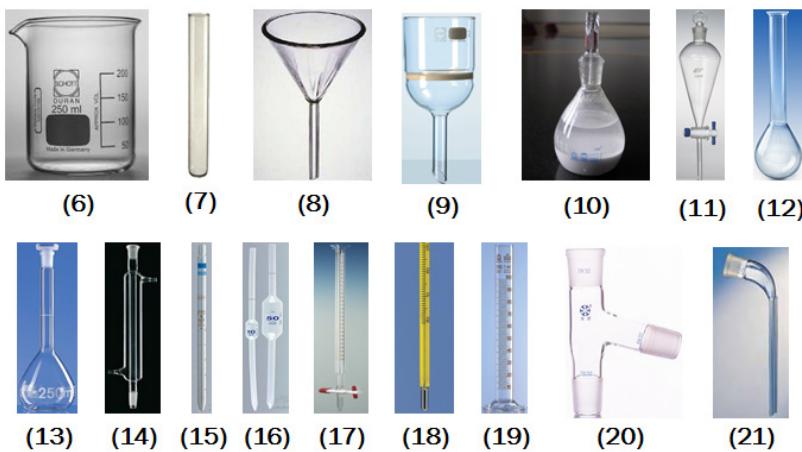


2.3. Material de vidrio

Los instrumentos de vidrio son los más utilizados en el trabajo de laboratorio ya que es el material que resiste a un mayor número de agentes químicos. El vidrio llamado pyrex es, después del cuarzo, el que posee mayor proporción de SiO_2 y por lo tanto mayor estabilidad térmica. También es muy resistente al ataque del agua y de todos los ácidos, a excepción del ácido fluorhídrico y fosfórico glacial. También resiste las esterilizaciones repetidas. Su contenido relativamente bajo de álcalis deja el valor del pH de las disoluciones que contiene prácticamente invariable. Por estas razones este tipo de vidrio es muy utilizado en el trabajo de laboratorio.

El material de vidrio más habitualmente empleado se ve en las siguientes imágenes:





- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| (1) Desecador | (8) Embudo | (15) Pipeta |
| (2) Desecador de vacío | (9) Embudo de placa filtrante | (16) Pipeta aforada |
| (3) Matraz de fondo plano | (10) Picnómetro | (17) Bureta |
| (4) Matraz de fondo redondo | (11) Embudo de decantación | (18) Termómetro |
| (5) Erlenmeyer | (12) Matraz Kjeldahl | (19) Probeta |
| (6) Vaso de precipitados | (13) Matraz aforado | (20) Cabeza de destilación |
| (7) Tubo de ensayo | (14) Refrigerante Liebig | (21) Tubo colector |

Un caso especial del material de vidrio son los esmerilados. Se consiguen sometiendo el vidrio a un tratamiento con pasta de diamante industrial. Esta operación deja la superficie ligeramente rugosa. Se utiliza en piezas que se van a destinar a servir de unión entre otras piezas, de tal forma que dan lugar a uniones estancas y herméticas. La unión de las dos partes esmeriladas debe siempre lubricarse con el fin de evitar que las piezas queden soldadas. Hay que tener cuidado de separar las piezas siempre en frío.

A continuación se recoge un listado del material de laboratorio más empleado, así como su denominación en inglés.