



DOCUMENTO TÉCNICO 6: RIESGOS ESPECÍFICOS

Riesgos inherentes a la manipulación de productos químicos

Resulta evidente que un laboratorio de química es un lugar donde existen multitud de riesgos. De ahí que el Laboratorio 065 esté equipado con infraestructuras básicas de seguridad. Las personas que trabajen en él deben hacerlo, además, con equipos de protección individual (*personal protective equipments*).

• **Equipamiento general de seguridad:** un botiquín de primeros auxilios (*first-aid kit*), una ducha (*plumbed-in body shower, emergency safety shower*), un lava-ojos (*plumbed-in eye wash unit*), una estación para pequeños derrames, una manta anti-incendio (*fire blanket*), dos extintores (*portable fire extinguishers*), una boca de incendios equipada con una manguera extensible (*fire hose*) y un armario de seguridad para productos corrosivos (*safety storage cabinet*), que puede equiparse con un extractor de gases.



Figura 1. Equipamiento general de seguridad. Todos los equipos están convenientemente señalizados.

i Al manipular productos químicos, es habitual que se entre en contacto directo con ellos (a pesar de todas las medidas de precaución que se tomen). Siempre que una sustancia entra en contacto con la piel hay que proceder a su eliminación lavando la superficie afectada con abundante agua. Los módulos de lavado puede utilizarse para dicha misión. En el caso, bastante improbable en un laboratorio como este, de que la superficie afectada sea muy grande, habría que utilizar la ducha de emergencia. Si, a pesar de llevar gafas protectoras, resultaran afectados los ojos, habría que usar el lava-ojos, puesto que este dispositivo proporciona un gran caudal de agua aireada a muy baja presión (para no dañar el globo ocular y evitar que, instintivamente, el párpado se cierre) en una posición ergonómicamente muy adecuada. No se deben usar los módulos de lavado para aclarar los ojos porque el agua sale a una presión muy elevada.



Figura 2. Izquierda: Ducha y lavaojos. Derecha: Armario de seguridad.

❗ Es necesario conocer la ubicación del botiquín de primeros auxilios, ducha, lava-ojos, estación para pequeños derrames, manta anti-incendio, extintores, manguera extensible y armario de seguridad. También hay que conocer la ubicación de las salidas del laboratorio (puertas 065 y 071). Está prohibido bloquear de cualquier modo dichas puertas, así como cualquier otro pasillo interno del laboratorio.

La estación para pequeños derrames SEKUROKA[®] viene equipada con tres sustancias diferentes: BASOSORB[®] (para neutralizar líquidos básicos), ROTISORB[®] (para absorber líquidos inflamables y aceites) y PYRACIDOSORB[®] (para neutralizar líquidos ácidos y extinguir pequeños incendios).



Figura 3. Estación para pequeños derrames y botiquín de primeros auxilios.

- Equipos de protección individual

- Protección ocular

Unas **gafas de seguridad** (*eyeshield, safety spectacles*) deben proteger los ojos frente a pequeñas salpicaduras de gotas y también evitar la irritación de los mismos causada por algunos gases. También deben proteger el ojo frente a los impactos (poco energéticos) de pequeños sólidos. Estas tres misiones obligan a que las gafas de seguridad posean cierta resistencia mecánica y química, presenten un modo de rotura en esquirlas no peligroso, y además, sean estancas (tienen que tener cierta protección lateral). Una **pantalla facial** (*face screen*) es un dispositivo que cubre la totalidad del rostro y debe emplearse para protegerse de salpicaduras de líquidos a mayor escala.



Figura 4. Gafas de seguridad.

ⓘ Es obligatorio utilizar gafas de seguridad. Aun utilizando gafas de seguridad, está terminantemente prohibida la utilización de lentillas porque independientemente de que las sustancias químicas pueden reaccionar con ellas, en caso de accidente suelen diseminar por todo el globo ocular los productos químicos y dificultan el proceso de limpieza del mismo.

- Protección de manos y brazos

ⓘ La utilización de guantes (*protective gloves against chemicals*) puede ser de gran ayuda si se usan correctamente. A veces, pequeños poros en los guantes pueden causar graves perjuicios. Además, no existe el guante universal (aquel que protege de cualquier sustancia química). Si por casualidad el producto químico que se derrama reacciona con el guante, un accidente leve se puede convertir en grave. Aunque no se utilicen guantes, no conviene trabajar con relojes, pulseras, anillos, etc. En primer lugar para evitar su deterioro, y en segundo lugar porque se convierten en agravantes en caso de accidente (por las mismas razones que ya se comentaron con las lentillas; básicamente dificultan la limpieza de las zonas afectadas por los productos). El empleo de bata (*lab coat*) es también obligatorio. La misión de la bata, aparte de ser una primera barrera de contención, no es otra que disponer de una prenda que pueda quitarse muy rápidamente en caso de un vertido accidental y así evitar que el derrame alcance la piel. No pueden utilizarse, por lo tanto, batas que abotonen por la parte de atrás (como las de los cirujanos).

■ Protección respiratoria

Si la vitrina de gases no fuera suficiente (o no pudiera utilizarse) es necesario proteger las vías respiratorias para realizar ciertas operaciones. También puede ser necesario proteger las vías respiratorias en caso de un escape o vertido accidental de sustancias tóxicas. Un **equipo filtrante (EF)** es un dispositivo en el que el aire, antes de ser inhalado, pasa a través de un filtro (en el que quedan retenidos los contaminantes). Dependiendo del tipo de contaminante que retengan, los EF se clasifican en tres grupos: **contra partículas, contra gases y vapores y mixtos** (contra partículas, gases y vapores). Un **filtro antigás** es un filtro destinado a eliminar gases y vapores específicos. Un **filtro contra partículas** retiene las partículas que el aire tiene en suspensión. Se pueden dividir, a su vez, en dos grupos: los que sólo retienen partículas sólidas y los que retienen partículas sólidas y líquidas. Finalmente, un **filtro mixto** elimina tanto las partículas (sólidas/líquidas) como los vapores o gases. Existen, por supuesto, equipos de protección respiratoria más sofisticados; por ejemplo, los de respiración completamente autónoma, pero su utilización está restringida a personal muy especializado en casos de extrema urgencia.

ⓘ Es muy poco recomendable llevar el pelo largo suelto (conviene recogerlo). Obviamente, no es muy apropiado asistir al laboratorio con ropa de gran calidad. Debe consultarse a los profesores cualquier cuestión de seguridad que se considere oportuna.

Riesgo de electrocución

Un **choque eléctrico** (*electric shock*) se produce cuando el cuerpo de una persona une dos puntos que se encuentran a diferente potencial eléctrico. Los efectos que la corriente eléctrica provoca en el cuerpo humano dependen de muchos factores: intensidad de la corriente, tiempo de contacto, diferencia de potencial, frecuencia, trayectoria de la corriente eléctrica por el cuerpo y resistencia eléctrica de la parte del cuerpo afectada.

- De acuerdo con la ley de Ohm, la intensidad de corriente es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia. Así que, admitiendo una diferencia de potencial constante de 220 V, la intensidad de corriente que puede circular por el cuerpo depende de la resistencia eléctrica que oponga dicha parte del cuerpo al paso de la corriente. La siguiente tabla muestra los efectos sobre la salud que provocan diferentes intensidades de corriente.

Intensidad de corriente	Efectos sobre la salud
0,0 → 1,0 mA	Umbral de percepción
1,0 → 8,0 mA	Contracciones musculares involuntarias
> 15,0 mA	Dificultad para respirar
> 25,0 mA	Tetanización
> 60,0 mA	Fibrilación ventricular

La **tetanización** es una contracción permanente y muy dolorosa de los músculos (es el mismo efecto que provoca la bacteria *Clostridium tetani*, el conocido **tétanos** (*tetanus*)). La **fibrilación ventricular** (*ventricular*

fibrillation) es un trastorno del ritmo cardiaco, en el que el ritmo ventricular se acelera (a más de 250 pulsaciones por minuto) provocando la muerte.

- La resistencia eléctrica del cuerpo humano es muy variable, dependiendo de múltiples factores (edad, corpulencia, etc.), a los que hay que añadir la humedad de la piel, etc.
- La trayectoria de la corriente define la gravedad de las consecuencias, sobre todo si afecta al corazón o al cerebro.
- La frecuencia de la corriente eléctrica es un valor constante (50 Hz en nuestro caso). Conviene saber que las frecuencias bajas son peligrosas.

Riesgo de incendio

Un **incendio**¹ (*uncontrolled fire*) es un riesgo que se puede presentar en un laboratorio. Un **fuego**² (*controlled fire*) es un fenómeno energético muy conocido, aunque de muy difícil descripción, en el que se liberan sustancias gaseosas, gran cantidad de calor y además, se emite luz. **Su origen está en una reacción química**, que recibe el nombre de **combustión** (*combustion*). Para que exista un fuego se necesita un material **combustible** (*combustible*) (que puede ser sólido, como la madera; líquido, como la gasolina; o gaseoso, como el gas natural), un **comburente** (*oxidizer*) que reaccionará con el combustible (el comburente por excelencia es el oxígeno) y, generalmente, una **fuentes de ignición** (*ignition source*) (una chispa eléctrica, una llama de mechero, etc.) que activa la reacción química entre el combustible y el comburente. Una vez iniciada, la propia reacción genera calor suficiente como mantener el proceso. Cuando se habla de fuego, inmediatamente se piensa en las **llamas** (*flames*). Para que éstas se produzcan, es necesario que los combustibles sólidos o líquidos se evaporen (pasen a fase gas) y así reaccionen con el oxígeno gaseoso (los combustibles gaseosos, por lo tanto, siempre arden con llama). Pero también puede haber, ciñéndonos a los combustibles sólidos, **combustión sin llama**. En este caso, el oxígeno se incorpora, por difusión, a la superficie del sólido y es ahí, en la superficie, donde tiene lugar la combustión formándose **brasas incandescentes** (trozos de combustible que reaccionan sin llama, pero se encuentran a temperatura elevada y emiten luz). Si la velocidad de la reacción no es muy elevada, los gases que se liberan no suelen provocar aumentos bruscos de presión (se suele hablar de **deflagración** (*deflagration*)). Pero si la cantidad de gases que se produce es muy elevada (en muy poco tiempo) podría aumentar bruscamente la presión originándose una **detonación** (*detonation*).

Conviene saber qué efectos, además de los evidentes, provoca un fuego. En primer lugar, el desprendimiento de gran cantidad de calor genera bolsas de aire muy caliente, que al ser menos denso que el frío, se eleva. En el ascenso puede arrastrar consigo cenizas calientes. Ese aire caliente (puede incluso alcanzar 600°C) que lleva en suspensión partículas sólidas (también calientes) es el **humo** (*smoke*). Esa es la razón por la que los incendios se propagan hacia arriba (por eso los detectores de incendios siempre están en los techos).

¹Combustión autosoportada que se propaga incontrolada en el tiempo y en el espacio.

²Combustión autosoportada que ha sido deliberadamente puesta en marcha para beneficiarse de sus efectos y que está controlada en su duración y extensión espacial.

❗ Los huecos de escalera y los ascensores son conductos ideales para el escape de esos humos y por eso deben ser evitados cuando se declara un incendio. Por lo tanto, si en una estancia se produce un incendio de grandes proporciones, conviene realizar la evacuación agachados o reptando.

Además del efecto térmico, los humos provocan otros accidentes. En primer lugar, las partículas sólidas constituyentes del humo son irritantes para las vías respiratorias. Y en segundo lugar, los propios gases de combustión pueden ser tóxicos (monóxido de carbono, por ejemplo). Otro efecto de especial importancia es la ausencia de oxígeno. En un recinto cerrado, un incendio consume parte del oxígeno del aire; y pequeñas variaciones en su concentración pueden provocar efectos fisiológicos graves.

Concentración de oxígeno (% en volumen)	Efectos fisiológicos
20,9 → 21,0	Situación de normalidad
17	Disminuye la coordinación muscular
10 → 14	Fatiga rápida Comienzo de la pérdida del juicio Riesgo elevado de la pérdida de consciencia
6 → 10	Pérdida de la consciencia En pocos minutos se produce la muerte

Los fuegos se clasifican en cinco tipos:

- **Tipo A:** Los combustibles son sólidos (papel, madera, etc.). En general, estos combustibles se descomponen al calentarse, desprendiendo gases que se pueden incendiar (generando por tanto llamas) y más calor; por lo que se facilita la propagación.
- **Tipo B:** Los combustibles son líquidos inflamables (disolventes, aceites, etc.) o sólidos licuables (grasas, ceras, etc.), es decir, de bajo punto de fusión. Son los fuegos más frecuentes.
- **Tipo C:** Los combustibles son gases inflamables (metano, butano, etc.). Pueden originar, además, explosiones.
- **Tipo D:** Los combustibles son sustancias que reaccionan muy violentamente con el agua (metales alcalinos, como el sodio, potasio, etc.), metales finamente divididos (aluminio, zinc, etc.), hidruros metálicos y compuestos organometálicos.
- **Tipo E:** Fuegos A, B y C en presencia de corriente eléctrica. Importa, sobre todo, de cara a la extinción.

Las técnicas de extinción de un incendio se basan en eliminar uno o varios de los componentes que caracterizan el fuego.

1. **Enfriamiento:** Consiste en atrapar el calor que se genera para así impedir que la reacción química continúe. El agua es un agente extintor que actúa siguiendo este principio ya que tiene una capacidad muy alta para absorber calor (de ahí que sea utilizada frecuentemente como refrigerante).
2. **Sofocación (eliminación del oxígeno):** Este método consiste en impedir que el oxígeno entre en contacto con el combustible. Bien se puede interponer un material entre el combustible y el oxígeno (por ejemplo, los agentes extintores sólidos actúan de esta manera), o bien se puede desplazar el oxígeno con otro gas (si se aplica dióxido de carbono sobre un incendio, el oxígeno será desplazado).

3. **Eliminación del combustible:** Se trata de aislar el combustible de la zona de reacción. No es sencillo hacerlo con los sólidos. Con los líquidos puede intentarse mediante dilución con agua. Con los gases puede hacerse cortando el flujo del mismo.
4. **Inhibición de la reacción química:** Las reacciones químicas generan una serie de productos intermedios entre los reactivos iniciales y los productos finales. Es posible capturar algunas especies intermedias provocando de esta manera la detención de la reacción.

En función de los combustibles principales presentes en el laboratorio, habrá que disponer de los **agentes extintores** (*fire extinguishing media*) adecuados.

El **agua** es el agente extintor más habitual. Funciona por enfriamiento, pero también por sofocación, puesto que al evaporarse desplaza momentáneamente al aire. Es evidente que si se aplica sobre aparatos eléctricos los deteriorará irremisiblemente. Si además están conectados, hay que tener la precaución de no entrar en contacto con el agua de extinción, puesto que conduce la corriente eléctrica. **Nunca se puede utilizar agua sobre metales reactivos: la arena es un agente extintor recomendable.** Las espumas (*low expansion extinguishing foams*) son otro medio de extinción: actúan por sofocación y por enfriamiento (ya que están constituidas, en su mayor parte, por agua). El **polvo seco** (**polvo BC**) (*dry chemical powder*) actúa por sofocación y también por inhibición. Suele estar formado por hidrogenocarbonato sódico (NaHCO_3) o potásico (KHCO_3). No conduce la corriente eléctrica. No es útil para fuegos de tipo A. El **polvo polivalente** (**polvo ABC** o **polvo antibrasa**) es muy útil para fuegos de tipo A, B y C. Actúa por inhibición, sofocación y enfriamiento. Suele estar formado por fosfato amónico ($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$). Tampoco conduce la corriente eléctrica. Finalmente indicar que el **dióxido de carbono** también se puede utilizar como agente extintor. Funciona principalmente por sofocación, desplazando al aire.

i Dentro del laboratorio hay dos extintores portátiles, de presión permanente, de polvo polivalente (6 kg). También existe una boca de incendios equipada con una manguera extensible.



Figura 5. Extintor portátil de polvo polivalente y manta anti-incendio.



Figura 6. Boca de incendios equipada con una manguera extensible de 45 mm de diámetro.

ⓘ La manguera de la boca de incendios tiene que estar completamente extendida antes de abrir la llave de paso. En general, son necesarias dos personas (bien entrenadas) para su manejo correcto. El cristal que protege la boca de incendios debe romperse con cuidado para evitar daños a las personas y a la propia manguera. La boca de incendios solo debe utilizarse si el resto de los medios (manta anti-incendio, extintores, etc.) han sido ineficaces para controlar el incendio.

Riesgo de explosión

No existen compuestos explosivos en el Laboratorio 065, pero eso no implica que no puedan producirse explosiones. Ya se ha visto que un incendio puede acabar en una detonación, pero una reacción química convencional puede originar también una explosión si genera muchos gases en muy poco tiempo. Deben vigilarse muy atentamente aquellas reacciones que se realicen a alta temperatura (porque la temperatura, generalmente, acelera la velocidad de las reacciones) o en presencia de catalizadores.