

NTP 399: Seguridad en el laboratorio: actuación en caso de fugas y vertidos



La sécurité enlaboratoire: procedure en cas de fuites et épanchementes
Safety in the laboratoire: leakages and spillages emergencies

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

X. Guardino Solá
Doctor en Ciencias Químicas

E. Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas

M.G. Rosell Farrás
Ingeniero Técnico Químico

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En esta Nota Técnica de Prevención se resumen las actuaciones en ciertas situaciones de emergencia relativamente corrientes en los laboratorios de química: fugas de gases, tanto de la instalación fija como de botellas, y vertidos accidentales de productos químicos. Se incluyen, además de recomendaciones de tipo general, una serie de ejemplos prácticos.

Introducción

El trabajo en el laboratorio presenta una serie de características que lo diferencian del que se desarrolla en otras áreas e igual ocurre con los riesgos que se presentan en él. Las dos principales son su variedad y su intensidad.

En un laboratorio de química pueden detectarse riesgos de origen y consecuencias muy diferentes que dependerán, evidentemente, de los productos e instalaciones existentes y de las operaciones que se realicen. Por lo que se refiere a la intensidad, la experiencia demuestra que en un laboratorio se manejan normalmente productos de peligrosidad muy elevada, pudiendo ocurrir situaciones en las que se generen riesgos importantes para la salud de los trabajadores.

Se admite, pues, que en el laboratorio no son infrecuentes situaciones que hay que controlar con una cierta rapidez y eficacia, aunque son consideradas relativamente habituales por las personas que trabajan en él.

Situaciones de riesgo en la manipulación de gases

La manipulación de gases puede tener lugar, básicamente, en dos circunstancias concretas: operando directamente con las botellas de gases a presión o bien con una instalación fija que incluye una estación de expansión. En el primer caso las precauciones a tener en cuenta son mayores ya que implica una serie de operaciones que deben estar protocolizadas: fijación de la botella, purga, conexión, apertura del grifo, operaciones con el manorreductor, etc., y que se realizan más frecuentemente que cuando se dispone de una instalación de gases.

En ambos casos se pueden presentar una serie de emergencias, que deben estar contempladas en el plan de seguridad y emergencia del laboratorio, que se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1: Manipulación de gases en el laboratorio. Situaciones de emergencia a contemplar

FUGAS DE GASES CORROSIVOS, IRRITANTES O TÓXICOS.

FUGAS DE GASES ASFIXIANTE QUÍMICOS.

FUGAS DE GASES ASFIXIANTE INERTES.

FUGAS DE GASES INFLAMABLES.

FUGA DE OXÍGENO.

LLAMA EN LA BOCA DE UNA BOTELLA DE GAS INFLAMABLE.

CALENTAMIENTO ESPONTÁNEO DE UNA BOTELLA DE ACETILENO.

INCENDIO EN UN LOCAL CON BOTELLAS DE GASES A PRESIÓN.

Fugas de gases

La revisión periódica de las conexiones de las botellas y de la instalación de gases en su caso, es la medida preventiva más eficaz para la prevención de fugas que puedan ser causa de una situación de emergencia. Esta revisión debe realizarse con agua jabonosa o productos o detectores específicos para el gas; nunca empleando focos de ignición (cerillas, mecheros). De manera general, caso de detectarse una fuga en una botella, se recomienda la secuencia de actuación indicada en el cuadro 2.

Si la fuga tiene lugar en una instalación, se recomienda la secuencia resumida en el cuadro 3.

Cuadro 2: Actuación en caso de una fuga de gas en una botella. Norma general

1. APROXIMARSE A LA BOTELLA SIEMPRE CON EL VIENTO (O LA CORRIENTE DE AIRE) A LA ESPALDA.
2. VERIFICAR QUE EL GAS NO SE HA ENCENDIDO (EN CASO CONTRARIO ACTUAR COMO SE INDICA MÁS ADELANTE).
3. CERRAR EL GRIFO, SI ES POSIBLE.
4. TRASLADAR LA BOTELLA CON FUGA A UN ESPACIO ABIERTO, FUERA DEL ALCANCE DE PERSONAS E INSTALACIONES.
5. SI NO SE TRATA DE OXÍGENO O UN GAS INERTE, AVISAR A LOS BOMBEROS.
6. SEÑALIZAR LA ZONA CON LA INDICACIÓN DE PELIGRO CORRESPONDIENTE, IMPIDIENDO EL ACCESO DE PERSONAS, VEHÍCULOS, FOCOS DE IGNICIÓN, ETC, SEGÚN EL CASO.
7. CONTROLAR PERMANENTE LA BOTELLA HASTA SU TOTAL VACIADO.
8. AVISAR AL SUMINISTRADOR.

Cuadro 3: Actuación en caso de una fuga de gas en una instalación fija. Norma general

1. CERRAR LOS GRIFOS DE LA BOTELLA O BOTELLAS CONECTADAS A LA INSTALACIÓN.
2. COMUNICAR LA INCIDENCIA AL RESPONSABLE DE LA INSTALACIÓN O DEL LABORATORIO PARA RECARBAR INSTRUCCIONES.
3. ESTUDIAR LA CONVENIENCIA DE ACTUACIONES DE EMERGENCIA: EVACUACIÓN, AVISO A LOS BOMBEROS, AISLAMIENTO DEL ÁREA, ETC.
4. PURGAR LA INSTALACIÓN CON UN GAS INERTE ANTES DE PROCEDER A LA REPARACIÓN.
5. REALIZAR LA REPARACIÓN, SIEMPRE CON LA GARANTÍA DE QUE LA INSTALACIÓN NO SE HALLA BAJO PRESIÓN.
6. COMPROBAR QUE LA FUGA HA SIDO REPARADA; CUANDO SEA POSIBLE HACERLO EMPLEANDO AIRE O UN GAS INERTE.
7. PONER EN MARCHA OTRA VEZ LA INSTALACIÓN, CON LOS PURGADOS PREVIOS QUE ELLO REQUIERA.

A continuación se comentan las situaciones generadas en casos de fugas de diferentes gases a partir de la estimación aproximada de la concentración ambiental que se podría generar y las características de peligrosidad del gas.

Gases corrosivos, irritantes o tóxicos

Si se dispone de una botella de cloro (gas licuado) del tipo B40 que contiene 50 kg (41 l) de este gas a 8 kg/cm² a 15 °C y se produjera una fuga de la botella, o en el circuito al cual está conectada, de 10 g del gas, éste ocuparía un volumen de unos 3,4 l. Si la fuga hubiera tenido lugar en un laboratorio de 100 m³, se alcanzaría una concentración del orden del 34 ppm. Si se tiene en cuenta que la concentración IPVS (Inmediato Peligro para la Vida y Salud) es de 30 ppm y el valor TLV-TWA (ACGIH, USA, 1996) es de 0,5 ppm, es evidente que el laboratorio debería ser evacuado inmediatamente.

Debe considerarse siempre la posibilidad de que el gas sea también inflamable.

Gases asfixiantes químicos

Si se dispone de una botella de monóxido de carbono tipo B50 que contiene 50 l de este gas a 100 kg/cm² y se produce una fuga del 10% del contenido de la botella se desprenderán, a condiciones ambientales, unos 500 l del gas, con lo que la concentración aproximada que puede alcanzar el monóxido de carbono en aire en un laboratorio de 100 m³ es de 5000 ppm. Si se tiene en cuenta que la concentración IPVS es de 1500 ppm y el valor TLV-TWA es de 25 ppm, es evidente que el laboratorio debería ser evacuado inmediatamente también en este caso.

Debe considerarse siempre la posibilidad de que el gas sea también inflamable.

Gases asfixiantes inertes

Si se dispone de dos botellas de dióxido de carbono (gas licuado) tipo B50 conectadas en serie que contienen 35 kg de gas a 50 kg/cm² y se vacían por una fuga, se desprenderán unos 40 m³, por lo que la concentración aproximada que puede alcanzar el gas en un laboratorio de 100 m³, será del orden del 30-40%, representando una reducción del oxígeno presente al 15%. Dado que se recomienda no trabajar a concentraciones de oxígeno inferiores al 18% (TLV, ACGIH, USA, 1996), debería procederse a ventilar adecuadamente el laboratorio antes de iniciar de nuevo el trabajo en él.

El ejemplo es válido para todos los gases inertes: nitrógeno, gases nobles, etc.

Gases inflamables

Supóngase una botella de hidrógeno tipo B50 que contiene 50 l de gas a 200 kg/cm² de la cual se vacía un 50% a causa de una fuga en el cromatógrafo al cual está conectada para usar el gas como portador para columnas capilares y para el detector. La fuga representaría el desprendimiento de unos 5 m³ de gas, que en un laboratorio de 100 m³ llevaría a una concentración ambiental de H₂ ligeramente superior al 4%, que es el límite inferior de inflamabilidad (LII) del gas. Por ello, en este caso, habría que suprimir inmediatamente cualquier foco de ignición y cortar, mediante un interruptor externo, la energía eléctrica del laboratorio, ventilándolo a continuación. La concentración alcanzada de hidrógeno no representa ningún problema a nivel de asfixia por reducción del oxígeno presente.

Si se trata de una botella de acetileno del tipo B40, que contiene 7 kg de gas disuelto en acetona a 15 kg/cm² y se vacía un 50% a causa de una fuga en la conexión a un aparato de Espectrofotometría de Absorción Atómica ello representará el paso a la atmósfera de unos 3,5 m³ de gas, que en el laboratorio tomado como ejemplo representaría una concentración superior al 3% y, en consecuencia al LII, que es de 2,5%. Deberá actuarse como en el caso anterior.

Respecto a los ejemplos que se acaban de exponer, no debe perderse de vista que los cálculos son aproximados, pudiéndose alcanzar concentraciones diferentes a las calculadas en función de la ventilación del laboratorio, que en los ejemplos, para simplificar, se ha supuesto inexistente. También se producirán gradientes de concentración (en el punto de fuga habrá una concentración del 100%), que dependerán de las corrientes de aire existentes y del coeficiente de difusión del gas.

Oxígeno

El principal riesgo de una fuga de oxígeno consiste en que el aumento de su concentración ambiental puede alterar las características de inflamabilidad y de corrosión de las sustancias y materiales presentes. Varía el punto de inflamación, el de autoinflamación y los límites de inflamabilidad de las sustancias, pudiendo éstas inflamarse o autoinflamarse con mayor facilidad. Igual ocurre con la corrosión; materiales resistentes en condiciones normales de composición del aire atmosférico pueden sufrir corrosión con el aumento de la concentración de oxígeno.

Desde el punto de vista de la salud, el aumento en la concentración inhalada de oxígeno, durante períodos de tiempo no excesivamente largos, no presenta riesgo.

Llama en la boca de una botella de gas inflamable

Si se produce una llama en la boca de una botella, se procederá a cerrar el grifo. Si ello no es posible, la actuación a seguir dependerá del tipo de local en que esté situada la botella. Si está en una caseta de gases y ésta está adecuadamente acondicionada, se apagará la llama con un extintor, preferiblemente de polvo, se señalizará la zona indicando el peligro y se enfriará el grifo para poder cerrarlo. Si la botella se halla en el propio laboratorio deberá valorarse si el riesgo derivado del escape de gases inflamables, una vez se haya apagado la llama, no es mayor que el de la propia llama. Si se toma la decisión de no apagar la llama, deberá actuarse para que la llama no provoque un incendio, separando de la botella con llama todo lo susceptible de ello. Se dará inmediatamente aviso a los bomberos, al servicio de prevención y al suministrador.

Calentamiento espontáneo de una botella de acetileno

Si se produce un calentamiento espontáneo de una botella de acetileno se recomienda la secuencia de actuación indicada en el cuadro 4. Debe tenerse en cuenta que el personal que no intervenga directamente en la emergencia debe hallarse lo más lejos posible o resguardado por un muro.

Cuadro 4: Actuación en caso de calentamiento espontáneo de una botella de acetileno

1. NO MOVER LA BOTELLA DE SU EMPLAZAMIENTO.
2. CERRAR EL GRIFO, SI ES POSIBLE HACERLO SIN PELIGRO.
3. CONSIDERAR QUE SE TRATA DE UNA SITUACIÓN DE EMERGENCIA.
4. AVISAR AL SERVICIO DE PREVENCIÓN, A LOS BOMBEROS Y AL SUMINISTRADOR.
5. DESCONGESTIONAR EL ÁREA DE PERSONAL.
6. REGAR LA BOTELLA HASTA QUE SE ENFRÍE (HASTA QUE EL AGUA NO SE EVAPORE).
7. COMPROBAR QUE LA BOTELLA SE HA ENFRIADO Y NO VUELVE A CALENTARSE.
8. CONTINUAR REGÁNDOLA SI VUELE A CALENTARSE. COMPROBAR SU ENFRIAMIENTO.
9. DEVOLVER LA BOTELLA AL SUMINISTRADOR.

Incendio en un local con botellas de gases a presión

Si se produce un incendio en un laboratorio o almacén en el se hallan botellas de gases comprimidos, licuados o disueltos, se deberán retirar del mismo las botellas con la máxima celeridad. Si no se pueden retirar, se refrigerarán regándolas con agua, comunicando la circunstancia al servicio de prevención, a los bomberos y al suministrador. Después del incendio deben revisarse cuidadosamente las botellas que no se hayan retirado para comprobar si existen en ellas marcas claras de exposición al fuego.

Actuación en caso de vertidos. Procedimientos generales

En caso de vertidos de productos líquidos en el laboratorio debe actuarse rápidamente para su neutralización, absorción y eliminación. La utilización de los equipos de protección personal se llevará a cabo en función de las características de peligrosidad del producto vertido (consultar con la ficha de datos de seguridad). De manera general se recomienda la utilización de guantes y delantal impermeables al producto, y gafas de seguridad.

Líquidos inflamables

Los vertidos de líquidos inflamables deben absorberse con carbón activo u otros absorbentes específicos que se pueden encontrar comercializados. No emplear nunca serrín, a causa de su inflamabilidad.

El vertido de 500 ml de éter etílico (350 g) por rotura de una botella, por ejemplo, que no se recogiera adecuadamente, podría llevara unas concentraciones ambientales de este compuesto, en un laboratorio de 100 m³, del orden de 1250 ppm (3550 mg/m³), superiores al valor TLV-TWA (400 ppm, 1210 mg/m³), pero no alcanzarían el LII, fijado en el 1,9% (19000 ppm). Recordar lo expuesto respecto a estos cálculos al hablar de los gases inflamables.

Ácidos

Los vertidos de ácidos deben absorberse con la máxima rapidez ya que tanto el contacto directo, como los vapores que se generen, pueden causar daño a las personas, instalaciones y equipos. Para su neutralización lo mejores emplear los absorbentes-neutralizadores que se hallan comercializados y que realizan ambas funciones. Caso de no disponer de ellos, se puede neutralizar con bicarbonato sódico. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.

El vertido de 20 ml de ácido clorhídrico 36% (12 M), puede representar el paso al ambiente de 8,5 g de HCl, que en el laboratorio de 100 m³ usado como referencia, puede generar una concentración ambiental de 85 mg/ m³; téngase en cuenta que el valor TLV-C (techo) (ACGIH, USA, 1996) para este compuesto es de 7,5 mg/m³.

Bases

Se emplearán para su neutralización y absorción los productos específicos comercializados. Caso de no disponer de ellos, se neutralizarán con abundante agua a pH ligeramente ácido. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.

Otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos

Los vertidos de otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos se pueden absorber con serrín.

Eliminación

En aquellos casos en que se recoge el producto por absorción, debe procederse a continuación a su eliminación según el procedimiento específico recomendada para ello o bien tratarlo como un residuo a eliminar según el plan establecido en el laboratorio.

Actuación en caso de vertidos. Ejemplos de procedimientos específicos

Mercurio

Absorber con polisulfuro cálcico, amalgamantes (existe comercializados en forma de estropajos) o azufre. Si se ha depositado en ranuras, se pueden intentar sellarla con una laca fijadora; también es posible su recogida mediante aspiración con una pipeta Pasteur, guardando el metal recogido en un recipiente cerrado, a poder ser protegido con agua y sellado con glicerina.

La recuperación del mercurio o la neutralización de un vertido es importante ya que de esta manera se evita un foco de contaminación permanente. Téngase en cuenta que que la división del mercurio en pequeñas gotas aumenta su capacidad de evaporación, junto con la cercanía de focos de calor o la incidencia de luz solar.

La evaporación de 10 mg de mercurio, equivalente a un volumen inferior a 1 µl, en un laboratorio de 100 m³ representaría una concentración ambiental de 0,1 mg/m³ cuando el valor TLV-TWA es de 0,025 mg/m³.

Otros ejemplos

En el cuadro 5 se resumen algunos procedimientos de absorción y neutralización de productos químicos y de familias de ellos. De manera general, previa consulta con la ficha de datos de seguridad y no disponiendo de un método específico, se recomienda su absorción con un adsorbente o absorbente de probada eficacia (carbón activo, vermiculita, soluciones acuosas u orgánicas, etc.) y a continuación aplicarle el procedimiento de destrucción recomendado. Proceder a su neutralización directa en aquellos casos en que existan garantías de su efectividad, valorando siempre la posibilidad de generación de gases y vapores tóxicos o inflamables.

Cuadro 5: Ejemplos de procedimientos de neutralización y absorción de vertidos de productos químicos

PRODUCTO O FAMILIA	PROCEDIMIENTO
Acetiluro de calcio	Recoger con vermiculita seca
Ácidos inorgánicos	Ver procedimiento general
Ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Ácido fluorhídrico	Solución de hidróxido cálcico o de carbonato cálcico
Alcaloides	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aldehídos	Solución de bisulfito sódico en exceso
Agua oxigenada	Vermiculita en gran exceso
Amiduros alcalinos	Cloruro amónico en exceso
Aminas alicíclicas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aminas alifáticas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aminas aromáticas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Anhídridos de ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Azoderivados	Solución 10% de nitrato de cerio amoniacal
Bases inorgánicas	Ver procedimiento general
Bases pirimidínicas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Borohidruros	Agua fría en exceso
Bromuro de etidio	Carbón activo, Amberlita XAD-16 o Azul algodón (colorante)
Carbamatos	Solución de hidróxido sódico 5 M
Cesio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Cetonas	Solución de bisulfito sódico en exceso. Ver también procedimiento general de inflamables
Cianuros	Solución de hipoclorito sódico. Mantener siempre el pH básico
Clorometilsilanos	Agua fría en exceso
Compuestos orgánicos de azufre	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Diisocianatos	Metanol frío
Etanolaminas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Fluoruros	Solución de cloruro cálcico
Formol	Solución de hipoclorito sódico
Fósforo blanco y fosfuros	Solución de sulfato de cobre y neutralización posterior con bicarbonato o hipoclorito sódico
Halogenuros inorgánicos	Bicarbonato sódico y solución de hidróxido sódico en exceso
Halogenuros de ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Halogenuros orgánicos	Solución de hidróxido sódico 10%
Hidrazina (hidrato)	Solución de hipoclorito sódico
Hidrazinas sustituidas	Solución de hipoclorito sódico, bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Hidroperóxidos	Vermiculita en gran exceso
Hidruros (en general)	Recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes

Indrazinas sustituidas	Solución de hipoclorito sódico, bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Hidroperóxidos	Vermiculita en gran exceso
Hidruros (en general)	Recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes
Ioduro de propidio	Carbón activo, Amberlita XAD-16 o Azul algodón (colorante)
Litio	Agua en gran exceso
Mercaptanos	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Mercurio	Ver procedimiento específico
Metales pesados y derivados en solución	Formar derivados insolubles o recoger y precipitar a continuación
Metales carbonilados	Recoger con agua procurando que se mantenga el pH neutro
Organometálicos	Recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes
Perácidos	Vermiculita en gran exceso
Peranhidridos	Vermiculita en gran exceso
Perésteres	Vermiculita en gran exceso
Peróxidos	Vermiculita en gran exceso
Poliaminas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Potasio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Rubidio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Silano	Solución diluida de sulfato cúprico
Sodio	Metanol en gran exceso
Sulfato de dimetilo y dietilo	Solución de hidróxido sódico 5M
Sulfuros alcalinos	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Sulfuro de carbono	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Tetróxido de osmio	Solución de hidróxido amónico a pH 10
Tioésteres	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico

Bibliografía

(1) COMMITTEE ON HAZARDOUS SUBSTANCES IN THE LABORATORY

Prudent Practices for Disposal of Chemicals from Laboratories

National Academy Press. Washington DC, USA, 1983

(2) Guardino, X. et al.

Seguridad y condiciones de trabajo en el laboratorio

INSHT, Madrid, 1992

(3) Lunn, G., Sansone, E.B.

Destruction of Hazardous Chemicals in the Laboratory

John Wiley and Sons, New York, USA, 1990

(4) Picot, A., Grenouillet, P.

La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie (2ª edición).

Technique et Documentation - Lavoisier, Paris, 1992

(5) Turuguet, D., Guardino, X.

Procedimientos para la eliminación de residuos (Traducción del "Laboratory Waste Disposal Manual", MCA, Londres).

Documento Técnico Nº 20 DESCATALOGADO

INSHT, Madrid, 1983