

Métodos simplificados de evaluación del riesgo químico: incendios y explosiones

Manuel Bernaola Alonso

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSHT

Luis Quevedo Aguado

Departamento de Proyectos Sanitarios. Ibermutuamur

En la evaluación inicial de riesgos, referida a la manipulación o almacenamiento de productos químicos que pudieran ocasionar incendios y explosiones, es posible aplicar los métodos simplificados, sobre todo en los casos sencillos y en los más complejos como etapa inicial para efectuar un diagnóstico y con el propósito de jerarquizar los riesgos o detectar situaciones que requieren corrección. Es evidente que, en estos últimos, habrá que continuar con la aplicación de métodos más rigurosos y completos cuya elaboración e interpretación queda reservada a especialistas en la materia. Además, en ciertas ocasiones o actuaciones en las que puede haber un riesgo inminente, habrá que recurrir a la aplicación de procedimientos de trabajo que conlleven unas medidas específicas.

Introducción

En general, la evaluación del riesgo químico, en cualquiera de sus modalidades, se inicia identificando todos los agentes químicos que pueden estar presentes en el lugar de trabajo [1] ya sea en el proceso laboral y las actividades relacionadas (mantenimiento, manutención, almacenamiento y reparación), ya sea en otro tipo de actividades no ligadas al proceso (limpieza, desinfección, transporte, obras y modificaciones). Estos agentes podrán estar presentes en las condiciones normales de trabajo o ser consecuencia de situaciones anómalas, tales como un fallo en el control de los pro-

cesos químicos, errores de manipulación o accidentes. Por lo tanto, es importante que en esta fase se analicen:

- a) las variables asociadas a los agentes químicos y
- b) las condiciones de operación en las que se manipulan o están presentes.

Para el caso específico de riesgo de **incendios y explosiones** no hay que olvidar que, antes de proceder a aplicar cualquier método, la causa principal viene dada por la presencia de gran cantidad de productos químicos inflamables, comburentes y a veces explosivos. Por lo

tanto, su manipulación y almacenamiento se debe realizar siguiendo los principios generales de prevención.

El almacenamiento de productos químicos está regulado por el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) [2], [3], [4]. Para atmósferas explosivas (ATEX) se recomienda además consultar la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [5].

En ciertos casos, sobre todo cuando por las cantidades almacenadas no sea de aplicación esta legislación, habrá que

cumplir con unos requisitos básicos a comprobar en la fase de la estimación de riesgos y que eviten el inicio del fuego, tales como:

- Alejar los productos volátiles inflamables y sus recipientes de focos de calor.
- Separar en el almacén los productos combustibles de los comburentes.
- Seleccionar los productos, las cantidades y la forma de utilizarlos.
- Eliminar fuentes de calor (llamas, chispas, puntos calientes, choques, frotamientos).
- Automatización.
- Utilizar recipientes de seguridad para líquidos inflamables y conexiones equipotenciales, y puesta a tierra para trasvase de líquidos inflamables
- Utilizar material eléctrico adaptado a las zonas con riesgo de explosión.
- Implantar un procedimiento de permiso de fuego, si fuera necesario.
- Dotar de elementos constructivos (compartimentación, puertas cortafuegos, categorías de los materiales).

En cualquier caso, habrá que tener en cuenta previamente lo dispuesto en la normativa nacional al respecto:

- Ley 31/1995. Artículos 6 y 14
- Real Decreto 486/1997 y la Guía Técnica del INSHT correspondiente. Anexos I, III y V
- Real Decreto 374 /2001 y la Guía Técnica del INSHT correspondiente. Artículos 4 c) y 5.3

Una vez comprobado que se cumplen los requisitos básicos y la legislación de prevención específica aplicable para estas instalaciones y actividades, incluida la señalización, el proceso de evaluación continuará con el análisis de los **factores**



de riesgo implicados en el proceso productivo propiamente dicho. En este caso, se trata de los riesgos asociados a la seguridad de los agentes químicos, en los que la materialización del peligro daría lugar a un accidente. Los peligros asociados a la seguridad de los agentes químicos (AQ) se materializan en accidentes que darían lugar a incendios, explosiones o reacciones químicas peligrosas y que pueden suponer daños a los trabajadores, a las instalaciones e incluso provocar accidentes mayores.

Factores de riesgo

Las **reacciones químicas** peligrosas pueden ser debidas a las características físico-químicas de las sustancias presentes tales como: inflamabilidad, inestabilidad o reactividad química frente a otras sustancias presentes en el lugar de trabajo.

El conocimiento de estas propiedades es fundamental para el almacenamiento

seguro de productos químicos, especialmente las incompatibilidades de cada sustancia, ya sea por "familias", ya sean las específicas debidas a su reactividad [1].

Las reacciones indeseadas* pueden ser debidas a:

- Compuestos que reaccionan violentamente con el agua (R14-R15).
- Compuestos que reaccionan violentamente con el aire (R17-R18).
- Incompatibilidad.
- Reacciones peligrosas con los ácidos (R31-R32).
- Formación de peróxidos explosivos (R19).
- Reacciones de polimerización.
- Reacciones de descomposición.

*Se han incluido entre paréntesis las frases R aplicables a este tipo de reacciones peligrosas.

Las fichas de datos de seguridad (FDS) dan una información más com-

pleta sobre estos peligros y sobre las medidas preventivas en los apartados de identificación de los peligros, medidas de lucha contra incendios, manipulación y almacenamiento, estabilidad y reactividad.

La Guía Técnica de Agentes Químicos [1] considera, entre otros, los siguientes factores de riesgo en relación con las reacciones químicas peligrosas:

- Reactividad e inestabilidad química de sustancias.
- Características de la reacción (balances máxicos y energéticos, exotermicidad, desprendimiento de gases tóxicos).
- Sistema de agitación inadecuado.
- Sistema de aporte de calor no suficientemente controlado.
- Sistema de refrigeración infra-dimensionado.
- Sistema de control de las variables clave de la reacción poco fiable (regulación de presión, temperatura y caudal).
- Dispositivos de seguridad de los equipos inadecuados (reactor, mezclador, agitador).

- Adición manual de sustancias.
- Presencia no controlada de subproductos.
- Procedimientos de trabajo en operaciones peligrosas (toma de muestras, carga de aditivos) inexistentes, insuficientes o no actualizados.

Los riesgos químicos derivados de **fallos en las instalaciones** que puedan tener consecuencias para la seguridad y salud de los trabajadores pueden deberse a:

- Corrosión interna de materiales e instalaciones.
- Corrosión externa (humedad, ambiente salino).
- Carencia de medios de control de fugas y derrames (cubetos de retención, protección frente a impactos mecánicos).
- Inexistencia de mantenimiento preventivo.
- Instrumentación de regulación y control poco fiable.
- Ausencia de dispositivos de seguridad (sobre-presiones, alarmas).

- Puestas en marcha y paradas no previstas en el procedimiento a seguir.
- Inexistencia de medios de confinamiento del riesgo y sectorización.

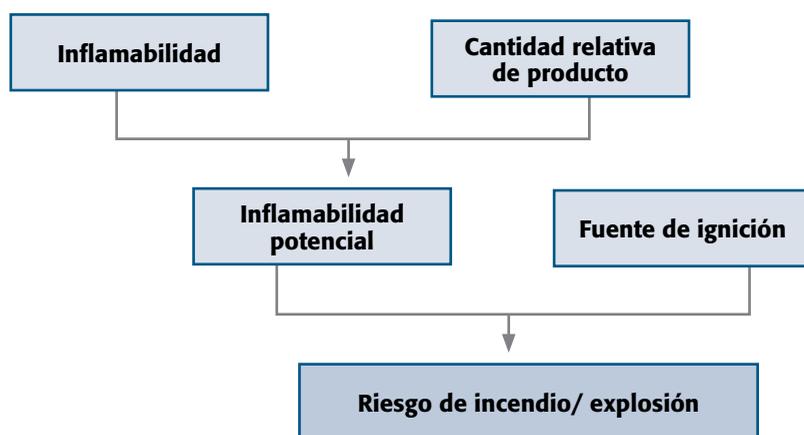
Los daños materiales están relacionados con la temperatura alcanzada en el incendio, que depende del poder calorífico del combustible, mientras que los daños sobre personas pueden ser producidos por el calor o por la acción directa de las llamas, aunque el efecto más frecuente es la intoxicación o asfixia debida a la inhalación de gases tóxicos de la combustión, principalmente CO, o a la falta de oxígeno.

En los lugares de trabajo pueden estar presentes un gran número de **sustancias inflamables** como gasolinas, disolventes, gases para soldadura, sin olvidar los materiales combustibles en forma de polvo entre los que se encuentran el polvo de madera, la harina, el azúcar, los metales, etc.

La Guía Técnica de AQ cita, entre los posibles factores de riesgo identificados de incendios y explosiones, los siguientes:

- Estado físico y grado de división del producto.
- Inflamabilidad del producto (temperaturas de inflamación y de auto-ignición).
- Potencia calorífica.
- Concentración ambiental (límites de inflamabilidad).
- Inexistencia o insuficiencia de sistemas de ventilación general o localizada.
- No aislamiento de fuentes de generación de gases, vapores, polvos.
- Focos de ignición térmicos (fumar, operaciones con llama).
- Focos de ignición mecánicos (herramientas, calzado).
- Focos de ignición eléctricos (cargas electrostáticas, sobrecargas, cortocircuitos).

■ Cuadro 1 ■ Jerarquización del riesgo de incendio y/o explosión



Hay materiales que se calientan espontáneamente cuando se produce una fermentación u oxidación lenta

- Focos de ignición químicos (reacciones exotérmicas, productos inestables).
- Atmósfera rica en comburente (% de O₂ >21%).
- Procedimientos de trabajo inseguros en áreas o actividades de riesgo.
- Incremento del riesgo por efectos aditivos en mezclas.

Evaluación simplificada del riesgo de incendio/explosión (INRS)

Un paso intermedio en la evaluación global del riesgo químico entre el análisis de los factores de riesgo y los siguientes sería jerarquizar los distintos tipos de riesgo identificados [6]. El objetivo de esta etapa es, a partir de unas pocas variables de fácil obtención, filtrar las situaciones inaceptables que requieren la adopción inmediata de medidas y establecer el orden de prioridad para la evaluación pos-

■ Tabla 1 ■ Clases de peligro de inflamabilidad

Clase	Símbolo	Frases de riesgo
1	Ninguno	Ninguna de las que figuran a continuación. Materia sólida compacta (bolas de madera, bloques de resina, tiras de papel).
2	Ninguno	Materia sólida combustible dividida (copos, trapos, palés). Materia líquida combustible (pueden arder), aceite vegetal, lubricación. R14, R15, R14/15, R15/29 y probabilidad accidental de contacto con la piel.
3	Ninguno	R10
4	Fácilmente inflamable	 R11, R30 R14, R15, R14/15, R15/29 y probabilidad ocasional de contacto con la piel.
5	Extremadamente inflamable	 R14, R15, R14/15, R15/29 y probabilidad permanente de contacto con la piel.
	Explosivo	 R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R12, R16; R17, R18, R19, R44
	Comburente	 Materia orgánica pulverulenta en suspensión en el aire.

terior de todas las situaciones de riesgo. Puede ser útil a la hora de ordenar los riesgos identificados cuando éstos son numerosos o se carece de la experiencia necesaria para priorizar, sin aplicar una determinada metodología.

El objetivo de la jerarquización en este caso es el de clasificar los productos químicos en función de su inflamabilidad potencial y las zonas de trabajo según el nivel de riesgo de declaración de un incendio o que se produzca una explosión. (Esquema general: Cuadro 1).

El método del *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS) requiere un inventario con el nombre de los productos químicos implicados, sus frases de peligro R o H [7] [8], las cantidades presentes, las posibles fuentes de ignición y los lugares de utilización [9].

En el caso de productos comercializados la **clase de peligro** de inflamabilidad se determina a partir de la información que proporciona el embalaje y/o el envase y la ficha de datos de seguridad

(FDS). Cuando el producto presente varias frases de riesgo, la clasificación se hará en función de la correspondiente a la más elevada. Si se trata de un material combustible, la clase de peligro se determinará en función del tipo de material (Tabla 1).

Hay ciertos materiales que se calientan espontáneamente cuando se produce una fermentación u oxidación lenta. Así ocurre con la materia orgánica (trapos, corcho y serrín impregnados en aceites, grasas, etc.). Igual puede suceder con el carbón y restos metálicos (virutas,...). También el vapor de agua se condensa y puede dar lugar a la fermentación de cereales, oleaginosos, azúcar, etc. almacenados en silos con el consiguiente riesgo asociado.

En la Tabla 2 se proponen las clases de peligro según el nuevo Reglamento de etiquetado CLP (Reglamento CE 1272/2008).

Para mantener la clase de inflamabilidad estimada se ha de cumplir con

Tabla 2 Clases de peligro de inflamabilidad revisada según CLP

Clase	Símbolo	Frases de riesgo
1	Ninguno	Ninguna de las que figuran a continuación Materia sólida compacta (bolas de madera, bloques de resina, tiras de papel)
2	Gases a presión	Materia sólida combustible dividida (copos, trapos, palets). Materia líquida combustible (pueden arder), aceite vegetal, lubricación.
	Corrosivo de metales	H261 (cat 3) y (H261+EUH029) y probabilidad accidental de contacto con la piel. H280, H281 H290
3	Inflamable o ninguno	H221, H223, H226, H228 (cat 2)
4	Muy Inflamable	H204, H205 H225, H228, H242 (cats E y F), H252
	Explosivo	H261 (cat 3), (H261+EUH029) y probabilidad ocasional de contacto con la piel.
	Comburente	H272 (cat 3) EUH209, EUH 209A
5	Extremadamente Inflamable	H200, H201, H202, H203. H220, H222, H224, H240, H241, H242, H250, H251, H260, H261, (H261+EUH029) y probabilidad permanente de contacto con la piel.
	Explosivo	H270, H271, H272
	Comburente	EUH001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH044 Materia orgánica pulverulenta en suspensión en el aire

los umbrales mínimos de cantidad de la Tabla 3 y en caso contrario, no se considera esa sustancia en el cálculo de inflamabilidad potencial.

La base de datos **CarAtex (características ATEX)** del INRS [10] proporciona información de las características de inflamabilidad y explosividad de las sustancias subdividida en dos independientes:

- una exclusiva para gases y vapores, sobre unas 1.000 sustancias
- otra para polvos de la *Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung* (DGUV).

Además, se pueden consultar otras publicaciones relacionadas con el tema, tanto del INRS [11], [12], [13] como de la Unión Europea [14].

Las **clases de cantidad** se establecerán a partir de la relación entre la cantidad presente de agente químico (Q_i) y la correspondiente al agente químico que se encuentre en mayor cantidad ($Q_{\text{máx}}$). El criterio para la asignación de un producto químico a una de las cinco clases de cantidad se da en la Tabla 4. En una primera aproximación y cuando las zonas a estudiar no sean de almacenamiento propiamente dichas se pueden considerar las cantidades que se consumen.

La clase de inflamabilidad potencial se obtiene a partir de la Tabla 5, combinando las clases de peligro de inflamabilidad y de cantidad obtenidas anteriormente.

Para establecer una **clase** por las posibles **fuentes de ignición** y su importancia hay que tener en cuenta el contenido de la Tabla 6 en la que se dan unos ejemplos de cada clase y se considera la frecuencia de presencia de dicha fuente.

Tabla 3 Umbrales para clases de inflamabilidad

Clase de inflamabilidad	Umbral
5	10 g
4	100 g
3	1 kg
2	10 kg
1	100 kg

Tabla 4 Cálculo de la clase de cantidad

Clase de cantidad	$Q_i / Q_{\text{máx}}$
1	< 1 %
2	1 – 5 %
3	5 – 12 %
4	12 – 33 %
5	33 – 100 %

Tabla 5 ■ Clases de inflamabilidad potencial

Clase de inflamabilidad						
5	3	4	5	5	5	
4	3	3	4	4	5	
3	2	2	3	3	4	
2	1	1	2	2	2	
1	1	1	1	1	1	
	1	2	3	4	5	Clases de cantidad

Teniendo en cuenta la **clase de riesgo de inflamabilidad potencial** y la **clase de fuente de ignición**, mediante la Tabla 7 se obtiene la puntuación para cada producto que estará comprendida entre 1 y 100.000. A partir de los resultados obtenidos se establecen cuatro niveles de riesgo potencial de incendio:

Nivel I >10 000: muy importante

Nivel II >1000 – 10 000: importante

Nivel III 10 - 1000: moderado

Nivel IV <10: bajo

Las puntuaciones obtenidas para los distintos agentes químicos pueden ser aditivas; por ejemplo: por lugares de trabajo sería posible conseguir una puntuación global que permitiría identificar el puesto con mayor nivel de riesgo potencial y centrar, a continuación, las medidas correctoras hacia aquellos agentes que presenten las puntuaciones más altas.

Si las puntuaciones de los agentes químicos se ordenan en orden decreciente y se calcula el índice parcial acumulado, expresado en porcentaje del total, éste permitiría dar menos importancia a los agentes químicos que no aporten un porcentaje significativo al índice global. Así, de una forma práctica, a nuestro criterio, se podría prescindir, en la mayoría de casos, de los que en su conjunto signifiquen apenas un 20% del total.

El proceso de jerarquización, por lo tanto, finaliza cuando se suman todas las puntuaciones de los productos que figuran en el inventario y se obtienen los índices porcentuales individuales y el acumulado, una vez ordenados de mayor a menor.

Tabla 6 ■ Clases de fuentes de ignición

Clase de fuente de ignición	Ejemplos de fuentes de ignición	Frecuencia de presencia de fuente de ignición
5	Llama, superficies calientes en equipos de procedimiento.	Presencia permanente de una fuente de ignición.
4	Calentamiento en equipos de limpieza, termo-soldadura, termo-retractilado... Fumadores.	Presencia ocasional por procedimiento. Presencia ocasional no ligada al procedimiento.
3	Trabajo por puntos calientes. Transferencia / carga de material orgánico o inflamable. Carga de baterías o equipos auxiliares.	Presencia por operación de mantenimiento. Electricidad estática. Funcionamiento ocasional.
2	Incidente eléctrico.	Fallo, error de manipulación o del usuario.
1	Poca vigilancia o fenómeno natural.	Fuente accidental exterior o de origen natural.

Tabla 7 ■ Puntuación de riesgo potencial de incendio

Clase de inflamabilidad potencial						
5	2.000	5.000	10.000	30.000	100.000	
4	300	1.000	2.000	5.000	10.000	
3	30	100	300	1.000	2.000	
2	3	10	30	100	300	
1	1	1	3	10	30	
	1	2	3	4	5	Clases de fuente de ignición

Ejemplo de jerarquización del riesgo de incendio y/o explosiones por el método simplificado INRS

Datos:

Proceso	Materia prima	Cantidad (Tn/año)	Frecuencia de uso
Fabricación	Alcohol metílico CAS (67-56-1) R 11-23/24/25-39/23/24/25 H225^a , H331, H311, H301, H370 (**) (**): Sin excluir la vía de exposición	80	Días a la semana
	Alcohol isopropílico CAS (67-63-0) R 11-36-67 H225^a , H319, H336	330	A diario
	Xilenos CAS (1330-20-7) R 10-20/21-38 H226^b , H332, H312, H315	260	Días a la semana
	Pentano CAS (109-66-0) R 12-65-66-67-51/53 H220^c , H304, H336, H411, EUH066	100	Horas a la semana

a,b,c) Seleccionadas en la evaluación del riesgo de incendios y explosiones

Solución:

Proceso	Materia prima	Cantidad (Tn/año)	Frecuencia de uso	Clase de inflamabilidad
Fabricación	Alcohol metílico R11 (H225) ...	80	Días a la semana	4
	Alcohol isopropílico R11 (H225) ...	330	A diario	4
	Xilenos R10 (H226) ...	260	Días a la semana	3
	Pentano R12 (H220) ...	100	Horas a la semana	5

Proceso	Materia prima	Clase de inflamabilidad	Q cant (%)	Clase de cantidad
Fabricación	Alcohol metílico	4	24,24	4
	Alcohol isopropílico	4	100	5
	Xilenos	3	78,79	5
	Pentano	5	30,3	4

Proceso	Materia prima	Clase de inflamabilidad	Clase de cantidad	Clase de inflamabilidad potencial
Fabricación	Alcohol metílico	4	4	4
	Alcohol isopropílico	4	5	5
	Xilenos	3	5	4
	Pentano	5	4	5

Proceso	Materia prima	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
Fabricación	Alcohol metílico	4	2	1000**	8,3
	Alcohol isopropílico	5	2	5000*	41,7
	Xilenos	4	2	1000**	8,3
	Pentano	5	2	5000*	41,7

Proceso	Materia prima	Clase de inflamabilidad potencial	Fuente de ignición	Puntuación	%
Fabricación	Alcohol isopropílico	5	2	5000 *	41,7
	Pentano	5	2	5000 *	41,7
	Alcohol metílico	4	2	1000 **	8,3
	Xilenos	4	2	1000 **	8,3

Conclusión:

El riesgo potencial de incendio es **IMPORTANTE** (*) para el Alcohol isopropílico y Pentano y **MODERADO** (**) en el caso del Alcohol metílico y los Xilenos.

Alcanzado este punto de la evaluación y si los resultados han sido elevados, hay que proseguir y analizar qué causas de las analizadas se pueden corregir y si existen otros aspectos que no se han tenido en cuenta y que podrían mejorar el diagnóstico (uso de las sustancias, medios de prevención y de protección contra incendios). Ya que el método del INRS no tiene en cuenta estos aspectos, se podría mejorar la evaluación si se aplican unos criterios para tal consideración.

De forma alternativa y complementaria a este proceso de jerarquización y la consideración de las medidas de prevención y protección en la lucha contra incendios adoptadas se puede aplicar el método descrito en la Guía europea [14] o NTP 749 del INSHT [15] donde se pone en evidencia el grado de incumplimiento normativo en este tema, su importancia en función de la peligrosidad y de la frecuencia con que se da el riesgo y la repercusión y consecuencias que puede tener la materialización del peligro tanto para las instalaciones como para las personas.

La evaluación del riesgo de incendio y/o explosión

Una vez finalizada la etapa anterior y con la información que nos proporciona, se puede iniciar el proceso de evaluación del riesgo de incendio si en la consideración de los parámetros aplicados en la jerarquización se analizan las medidas preventivas aplicadas para minimizar los riesgos potenciales.



Por lo tanto, habría que considerar:

- **la probabilidad de inicio de incendio**, que viene determinada por las medidas de prevención no adoptadas y referidas tanto al combustible como al foco de ignición y, además,
- **las consecuencias** una vez iniciado el incendio. Si no se actúa a tiempo y con los medios adecuados, se podría propagar y producirse daños materiales y/o incluso humanos. Para determinar la magnitud de las consecuencias, los factores a analizar son las medidas de protección contra incendios implantadas pasivas y/o activas.

Si, al analizar las condiciones reales de las instalaciones y la organización preventiva y de protección contra incendios, se comprueba que se han tenido en cuenta los factores citados a continuación y que se han implantado los medios razonablemente aplicables, la puntuación global obtenida de la jerarquización podría rebajarse.

Así, aplicando unos factores de corrección convenientes y tras la interpretación oportuna, en la evaluación del riesgo se podrán comparar diferentes situaciones, locales y procesos.

A. Probabilidad de que se declare un incendio. Prevención.

En este punto se valorarán las medidas preventivas adoptadas para evitar el inicio del fuego.

La **peligrosidad del combustible** depende fundamentalmente de su estado físico (sólido, líquido o gas), de otros aspectos ligados a sus propiedades físico-químicas, de su grado de división o fragmentación, etc.

En el caso de *combustibles sólidos* es relevante la influencia del grado de fragmentación ya que a mayor división se precisa menor energía (en intensidad y duración) para iniciar la combustión.

Para *líquidos y gases inflamables* se han de tener en cuenta la concentración necesaria combustible-aire para la ignición (límite inferior de inflamabilidad) y la energía de activación (energía mínima de ignición) para que se produzca la reacción de combustión. En el caso de líquidos un parámetro fundamental es la temperatura mínima a la que el combustible emite suficientes vapores para que se forme la mezcla inflamable (temperatura de inflamación o "flash point").



En el caso del control del combustible, se deben de tener en cuenta aspectos tales como:

- Sustitución del combustible por otra sustancia que no lo sea o lo sea en menor grado. En el caso de los polvos, a veces conviene aumentar su tamaño granulométrico.
- Dilución o mezcla del combustible con otra sustancia que aumente su temperatura de inflamación (trabajar fuera del rango de explosividad).
- Condiciones de almacenamiento: utilizar recipientes estancos, almacenar estrictamente la cantidad necesaria de combustible y proceder periódicamente al mantenimiento de las instalaciones para evitar fugas y goteos.
- Ventilación general y/o aspiración localizada en locales y operaciones donde se puedan formar mezclas inflamables.
- Control y eliminación de residuos.
- Orden y limpieza.

- Aislamiento conveniente de las partes vulnerables de la instalación (puntos de emisión, fugas).
- Señalización adecuada en los recipientes o conductos que contengan sustancias inflamables.

La consideración y aplicación de al menos tres de los aspectos anteriormente citados debería permitir rebajar la puntuación de jerarquización multiplicándola por un factor de 0,7 y, si fueran cuatro o más, sería por un factor de 0,5.

Los **focos de ignición** aportan la energía de activación necesaria para que se produzca la reacción. Estos focos de ignición pueden ser de origen térmico, mecánico, eléctrico o químico. Respecto del riesgo de explosión, la norma UNE 1127-1 proporciona una tabla de focos de ignición y ejemplos de zonas, equipos, procesos, actividades donde se pueden dar y, aunque no todas pueden ocurrir en el lugar de

trabajo estudiado, habrá que evaluar qué fuente y bajo qué condiciones se puede producir. En cada caso habrá que analizar sus causas para adoptar las medidas adecuadas para su control y/o eliminación.

Para los focos térmicos los factores a considerar son los siguientes:

- Fumar o el uso de útiles de ignición.
- Instalaciones que generen calor: estufas, hornos, etc.
- Superficies calientes.
- Rayos solares.
- Condiciones térmicas ambientales.
- Operaciones de soldadura oxiacetilénica, oxicorte,...
- Vehículos o máquinas a motor de combustión.

En el caso de los focos eléctricos hay que tener en cuenta:

- Chispas debidas a interruptores, motores, etc.
- Instalaciones defectuosas.
- Cortocircuitos.
- Sobrecargas.
- Electricidad estática.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Para los focos mecánicos habrá que considerar:

- Herramientas que puedan producir chispas.
- Roces mecánicos. Fricción, choque o abrasión.
- Chispas zapato – suelo.

En cuanto a los focos climáticos, habrá que tener en cuenta:

- Rayos.
- Sol.

Para los bacteriológicos debe considerarse:

- Fermentación bacteriana.

Finalmente, para los focos químicos se tendrían que considerar:

- Sustancias reactivas/incompatibles.
- Reacciones exotérmicas.
- Sustancias auto-oxidables.

La supresión de las posibles fuentes de ignición mencionadas hasta un nivel previsiblemente razonable debe permitir rebajar la puntuación de jerarquización multiplicándola por un factor de 0,6 a 0,8 según la menor o mayor frecuencia con que se pueda dar tal situación.

De nada sirve un mayor control técnico del nivel de riesgo de inicio del incendio, si no va acompañado de un programa de verificación preventivo eficaz que incluya los siguientes puntos:

- Realizar revisiones periódicas que garanticen la pervivencia en el tiempo de la situación aceptable.
- Autorizaciones de trabajo en operaciones identificadas como peligrosas: solo participan las personas autorizadas debidamente formadas, informadas y cualificadas para efectuarlas, siguiendo los procedimientos de trabajo establecidos y realizándose de la manera prevista y adecuada.

En resumen, en el caso más favorable se podría rebajar la puntuación de la jerarquización por un factor de 0,5 (combustible) que multiplicado por otro de 0,6 (foco de ignición), darían un total de 0,30 o, lo que es lo mismo, supondría una reducción de un 70% del valor inicial.

Solo en los casos más evidentes de riesgo bajo se podría dar por acabado el proceso de evaluación. Lo más probable es que haya que realizar, a continuación, un estudio más en detalle, ya que, aun-

De nada sirve un mayor control técnico del nivel de riesgo de inicio del incendio, si no va acompañado de un programa de verificación preventivo eficaz

que se haya conseguido disminuir el riesgo, no se habrá eliminado por completo.

B. Protección y consecuencias del incendio.

En este punto, se analizarán las medidas de lucha contra incendios (protección) adoptadas y su eficacia para controlar las consecuencias del incendio.

Medidas de protección pasiva de lucha contra incendios:

No actúan directamente sobre el fuego pero dificultan o imposibilitan su propagación, evitan el derrumbe del edificio o facilitan la evacuación y/o extinción. Cabe citar, entre otras:

- Ubicación de la empresa en relación con su entorno.
- Situación, distribución y características de los combustibles en el local.

- Características de los elementos constructivos de los locales: estabilidad al fuego (EF) y resistencia al fuego (RF), estanqueidad (para llamas o gases calientes o inflamables) y calentamiento de la cara opuesta al fuego (corta-fuegos o aislamiento).
- Sectorización. Sistemas de evacuación de humos o exutorios.
- Exigencias de comportamiento ante el fuego de los materiales (M0, M1, M2, M3, M4).
- Correcta señalización y la presencia de alumbrados especiales.

Medidas de protección activa:

- Organización de la lucha contra incendios (consignas de actuación y equipos de protección individual).
- Adiestramiento del personal en actuaciones de lucha contra incendios
- Medios de detección de incendios.
- Alarma de evacuación y su transmisión.
- Medios de lucha contra incendios de primera intervención (extintores, BIE, etc.).
- Vías de evacuación.
- Plan de emergencia.
- Facilidad de acceso de los servicios de extinción de incendios exteriores.
- Mantenimiento de los sistemas de detección, alarma y extinción.

Se entiende que este tipo de medidas no deben formar en sí mismas una parte de la evaluación del riesgo como tal y, por lo tanto, no deben afectar a la puntuación final. No obstante y si, analizada la situación no es posible rebajar el riesgo a niveles aceptables, la aplicación de estas medidas siempre se haría como último recurso para impedir que el fuego se propague o minimizar las consecuencias del incendio declarado.

El INSHT ha elaborado un documento-guía especialmente diseñado para su



uso en las pequeñas y medianas empresas y que, además de enunciar unos criterios preventivos básicos, proporciona un cuestionario de chequeo para la evaluación de las condiciones de seguridad relativas a los incendios y explosiones, así como las acciones a tomar para corregir las deficiencias detectadas [16].

Otra alternativa de evaluación o de análisis del riesgo puede ser la aplicación de cuestionarios o listas de comprobación, que constituyen una herramienta útil y eficaz para verificar el cumplimiento de las medidas de seguridad o desviaciones de los estándares establecidos. Se pueden utilizar como una herramienta cualificada y válida para la identificación de los factores de riesgo que posibilitan la materialización del incendio e inciden en las posibles consecuencias, es decir, sirven para evaluar cualitativamente el riesgo.

Se podrían utilizar como metodologías de estimación de la magnitud del riesgo de incendio si a los "ítems" se les asignaran puntuaciones, ponderados y según un criterio por su relevancia, y analizar la contribución de los distintos factores de riesgo en la materialización del incendio y en sus consecuencias. Las tablas 1 (factores de inicio), 2 (factores de pro-

pagación), 3 (evacuación) y 4 (medios de lucha contra incendios) de la NTP 599 [17] se podrían utilizar modificadas de esta manera. En dicha publicación, además de presentar varios métodos de evaluación del riesgo de incendio, se cita una parte del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RD 786/2001) [18].

No obstante y si se decide considerar las medidas de protección contra incendios en el proceso de evaluación inicial del riesgo de incendio y/o explosión, se multiplicaría la puntuación global obtenida en la etapa de jerarquización ya corregida, una vez consideradas las medidas adoptadas de prevención de incendios (combustible y focos de ignición), por un factor de corrección para obtener así un índice final de riesgo potencial.

Es decir: si se han tenido en cuenta los principios preventivos generales, las medidas adoptadas son eficaces y suficientes y no se pueden mejorar más las condiciones, dentro de un nivel razonable de inversión y si, además, se han adoptado las medidas de protección de lucha pertinentes contra incendios se aplicaría otro factor de corrección multiplicativo, por ejemplo, de 0,7.

Conclusiones

Los métodos simplificados como evaluación inicial de riesgos presentan, en general, las siguientes ventajas:

- Sencilla comprensión y aplicación, ya que utilizan una información fácilmente obtenible y fiable.
- Útiles para PYMES.
- Permiten seleccionar un pequeño grupo de todos los agentes químicos inventariados con riesgo potencial significativo y abordar su estudio posterior de una forma más detallada.

Las metodologías simplificadas de evaluación de riesgos suponen una ayuda importante a la hora de estudiar el nivel de seguridad de los trabajadores y ofrecen la posibilidad de llegar a conclusiones de forma sencilla, incluso para personas que no sean profesionales de la Higiene Industrial.

La jerarquización del riesgo permitirá focalizar la atención sobre los productos y/o locales a tratar con mayor prioridad. Al ser un método semicuantitativo, la puntuación puede ayudar en la toma de decisiones.

También es relativamente fácil identificar las causas que llevan a una puntuación elevada, por lo que, en el caso de ser necesarias medidas correctoras, muchas veces bastará con saber qué variables han sido las determinantes para alcanzar la puntuación de riesgo, lo que ayuda en la toma de decisiones para implantar las medidas oportunas. Por ese motivo, sería muy deseable disponer de una aplicación informática o simplemente una hoja de cálculo que permita variar estos parámetros para ver cómo afectarían al resultado final y así detectar dónde sería más eficaz intervenir. ●

■ Bibliografía ■

- 1.- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos (Real Decreto 374/2001). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2006. [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g_AQ.pdf
- 2.- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 112 (10 de mayo de 2001).
- 3.- Real Decreto 16/2004, de 11 de octubre, por el que se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE APQ-8 "Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno". BOE núm. 256 (23 de octubre de 2004).
- 4.- Real Decreto 105/2010, de 5 de febrero, por el que se modifican determinados aspectos de la regulación de los almacenamientos de productos químicos y se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE APQ-9 "Almacenamiento de peróxidos orgánicos". BOE núm. 67 (18 de marzo de 2010).
- 5.- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. (Real Decreto 681/2003). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2003 [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/ATMÓSFERAS%20EXPLOSIVAS.pdf>
- 6.- Riesgo Químico. Sistemática para la evaluación higiénica. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2010 [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/CATALOGO%20DE%20PUBLICACIONES%20ONLINE/TEXTOS/Riesgo%20quimico/riesgo_quimico%20apel.pdf
- 7.- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, y modificaciones posteriores, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. BOE núm. 133 (05 de junio de 1995).
- 8.- Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006. DOUE núm. 353 (16 de diciembre de 2008).
- 9.- *Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique*. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS); 2005 [citado 19 octubre 2011]. Disponible en: [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/nd%202233/\\$file/nd2233.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/nd%202233/$file/nd2233.pdf)
- 10.- Bases de datos CarAtex. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) [citado 19 octubre 2011]. Disponible en :
<http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/caratex.html>
- 11.- *Incendie et lieux de travail. Prévention et lutte contre le feu* (ED 990). Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS); 2007 [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
<http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%20990>
- 12.- *Evaluation du risque incendie dans l'entreprise. Guide méthodologique* (ED 970). Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS); 2005 [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
[http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%20970/\\$File/ed970.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%20970/$File/ed970.pdf)
- 13.- *Signalisation de santé et de sécurité au travail. Réglementation* (ED 777). Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS); 2005 [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
[http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%20777/\\$File/ed777.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%20777/$File/ed777.pdf)
- 14.- Guía Práctica de la Directiva sobre Agentes Químicos 98/24/CE. Comisión Europea; 2005.
- 15.- NTP 749: Evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos. Metodología simplificada. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_749.pdf
- 16.- Incendios y explosiones. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Condiciones_trabajo_PYMES/cuestion08.pdf
- 17.- NTP 599 : Evaluación del riesgo de incendio: criterios. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [citado 19 octubre 2011]. Disponible en:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_599.pdf
- 18.- Real Decreto 786/2001 de 6 de julio. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. BOE núm. 181 (30 de julio de 2001).