

# Riesgo químico



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

edición  
**4a**



# Riesgo químico

**CUARTA EDICIÓN ACTUALIZADA**

**Autores:**

María Isabel de ARQUER PULGAR  
José BARTUAL SÁNCHEZ  
María José BERENGUER SUBILS  
Félix BERNAL DOMINGUEZ  
Manuel BESTRATÉN BELLOVÍ  
Enrique GADEA CARRERA  
Xavier GUARDINO SOLÁ  
Jose Luís MOLINÉ MARCO  
Tomás PIQUÉ ARDANUY  
Dimas RODRÍGUEZ PLANAS  
María Dolores SOLÉ GÓMEZ  
Emilio TURMO SIERRA

**Ilustraciones:**

Enric MITJANS TALÓN

**Diseño:**

Guillem LATORRE ALCOVERRO

**Coordinación:**

José BARTUAL SÁNCHEZ  
Susana TORRADO DEL REY

**Edita:**

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

**Imprime:**

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo  
INSHT. Barcelona

Depósito Legal B-19502-2007  
ISBN 978-84-7425-727-4  
NIPO 211-07-021-2

FD-2436

# Presentación



Una característica de la sociedad moderna es la extensa y creciente utilización de productos químicos en la industria y en otras actividades laborales. Avalan esta afirmación los datos sobre cantidad de productos químicos que se comercializan y el volumen de producción de los mismos, que se superan año tras año. Este hecho, consecuencia de la utilidad de muchas de las propiedades de los productos químicos, comporta igualmente importantes riesgos, ya que estos productos también disponen de capacidad para producir daños o efectos indeseables sobre las personas, el medio ambiente y los bienes materiales. La frecuencia y gravedad de los posibles daños justifica el interés en mantener estos riesgos bajo un control adecuado, primordialmente en la propia empresa donde se originan. El interés social de la prevención de estos riesgos ha promovido, además, el desarrollo y establecimiento en los últimos años de una legislación laboral específica, cuyas disposiciones deben ser respetadas en toda actividad laboral que comporte la utilización o exposición a productos químicos.

El control del riesgo químico en la empresa se integra en la gestión general de los riesgos laborales, pero precisa de conocimientos concretos y utiliza procedimientos específicos. La gestión del riesgo químico exige identificar todas las sustancias que estén o puedan estar presentes en el lugar de trabajo y conocer su peligrosidad intrínseca, al objeto de poder identificar los peligros existentes. Además, conviene conocer los mecanismos de las acciones químicas adversas para poder actuar eficazmente interrumpiendo la secuencia de estos mecanismos y evitar los efectos. Finalmente, es necesario aplicar unos criterios y utilizar una metodología adecuados para evaluar los diferentes tipos de riesgos químicos e introducir las correcciones oportunas. Algunos de estos criterios y procedimientos forman parte de las disposiciones legislativas anteriormente indicadas, que deben ser aplicadas de acuerdo con su carácter legal.

Por otra parte, la experiencia muestra que la eficacia de las medidas de prevención sobre el riesgo químico depende de la percepción de este riesgo por los individuos, que condiciona la aceptación de dichas medidas y el grado de su cumplimiento. La percepción del riesgo químico depende de diversos factores, entre los cuales destacan: la información sobre los posibles efectos de los productos químicos (inmediatos y diferidos), la formación y experiencia acerca de los procedimientos de prevención y control de este riesgo y el grado de implicación y corresponsabilidad de cada individuo en la seguridad

general. Por este motivo deben cuidarse especialmente las acciones de información, formación y participación relacionadas con el riesgo químico, que pueden modificar la percepción del mismo y mejorar la actitud de los individuos frente a las disposiciones adoptadas para su prevención.

Esta obra constituye la 4<sup>a</sup> edición del libro “Riesgo Químico” editado inicialmente por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en 1999. En la presentación de la primera impresión de este texto ya se exponían algunos de los argumentos anteriormente indicados y se manifestaba que el objetivo del libro era tratar todos los aspectos característicos del riesgo químico a un nivel suficiente para proporcionar una ayuda eficaz en la actuación preventiva, pero sin exigir del lector una formación especializada, y ofrecer a los prevencionistas, además de unos conceptos e ideas básicas, un conjunto de información útil para evaluar los riesgos químicos y adoptar las medidas de prevención convenientes en aplicación de las disposiciones que establece la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

En esta nueva edición se pretende mantener el objetivo del libro mediante su adaptación a los cambios experimentados en el campo de la prevención de los riesgos químicos en el trabajo y para ello se ha actualizado y ampliado el tratamiento concedido a diversos temas con objeto de adecuar su contenido a nuevos conocimientos, a procedimientos más perfeccionados y a las nuevas regulaciones que se han promulgado con posterioridad a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, principalmente sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo y sobre almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

Igualmente se ha ampliado el tratamiento de la gestión de los riesgos químicos en la empresa, objeto de nuevas disposiciones legislativas, principalmente la Ley 54/2003 que modifica la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como de diversas normas internacionales. El riesgo de incendios y explosiones, de especial interés, se ha revisado completamente y se le dedica un capítulo concreto. También se ha revisado el tema de los grandes accidentes de origen químico, debido a su importancia e impacto social, ampliando el tratamiento del mismo mediante un análisis de las novedades y aspectos destacables del nuevo marco reglamentario sobre accidentes graves y la introducción del tema de la gestión de situaciones de crisis.

---

**Ángel Rubio**  
Director del INSHT

# Índice

<b>1. PROPIEDADES PELIGROSAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS. RIESGOS QUÍMICOS</b>	
SUSTANCIAS QUÍMICAS Y PREPARADOS .....	14
CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS. EFECTOS ADVERSOS .....	14
PELIGROS QUÍMICOS .....	14
CONCEPTO DE RIESGO QUÍMICO .....	15
PREVENCIÓN DEL RIESGO QUÍMICO .....	17
Disposiciones legislativas .....	17
VALORACIÓN DEL RIESGO. CRITERIOS DE VALORACIÓN .....	20
Riesgo aceptable .....	20
LA PERSONA ANTE EL RIESGO QUÍMICO ....	20
<b>2. CRITERIOS DE PELIGROSIDAD PARA AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS</b>	
INTRODUCCIÓN .....	25
CRITERIOS DE PELIGROSIDAD EN LA NORMATIVA PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS ...	26
Propiedades fisicoquímicas .....	27
Efectos sobre la salud .....	28
Efectos sobre el medio ambiente .....	29
PELIGROSIDAD DEBIDA A LA FORMA EN QUE SE UTILIZAN O SE HALLAN PRESENTES LOS PRODUCTOS QUÍMICOS ...	29
<b>3. REACTIVIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS</b>	
INTRODUCCIÓN .....	31
FACTORES FISICOQUÍMICOS QUE AFECTAN A LAS REACCIONES QUÍMICAS .....	32
Enlaces químicos .....	32
Energía de activación .....	34
Desarrollo de las reacciones químicas .....	34
Concentración de los reactivos .....	35
Temperatura .....	35
Energías electromagnéticas .....	36
Golpes y rozaduras .....	36
<b>PREVISIÓN DE LAS REACCIONES QUÍMICAS</b> .....	36
Examen de los grupos químicos de las moléculas .....	36
Balance de oxígeno .....	37
Cálculo termodinámico del nivel de riesgo ...	38
<b>ESTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS</b> .....	39
Formación de peróxidos .....	39
Reacciones de polimerización .....	40
Reacciones de descomposición .....	40
Compuestos que reaccionan violentamente con el aire .....	40
<b>REACCIONES QUÍMICAS PELIGROSAS</b> .....	41
Incompatibilidad .....	41
Reacción violenta con el agua .....	41
Reacciones peligrosas con los ácidos .....	41
Reacciones exotérmicas .....	41
<b>REACCIONES DE CORROSIÓN</b> .....	47
Conceptos básicos .....	47
Tipos de corrosión .....	48
Acciones preventivas .....	48
<b>4. EFECTO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS SOBRE LA SALUD</b>	
INTRODUCCIÓN .....	51
FACTORES QUE CONDICIONAN LA RESPUESTA DEL ORGANISMO .....	52

Propiedades fisicoquímicas de la sustancia ..	52	LA GESTIÓN INTEGRAL E INTEGRADA DEL RIESGO QUÍMICO .....	85
Modalidad de la interacción .....	54		
Factores ambientales .....	55	PRINCIPIOS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA ..	88
Factores biológicos .....	56	Evitar los riesgos .....	89
<b>RUTA DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS EN EL ORGANISMO .....</b>	<b>56</b>	Evaluar los riesgos que no se pueden evitar ..	90
Vías de entrada y absorción .....	56	Combatir los riesgos en su origen .....	91
Distribución y depósito .....	59	Adaptar el trabajo a la persona .....	91
Biotransformación o metabolización .....	60	Tener en cuenta la evolución de la técnica ....	92
Excreción .....	60	Sustituir lo peligroso por lo que entraña poco o ningún riesgo .....	92
<b>EFFECTOS DE LOS AGENTES QUÍMICOS SOBRE EL ORGANISMO .....</b>	<b>60</b>	Planificar la prevención .....	93
<b>RELACIONES EXPOSICIÓN – EFECTO Y EXPOSICIÓN – RESPUESTA .....</b>	<b>61</b>	Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual .....	93
Relación exposición-efecto .....	62	Dar instrucciones a los trabajadores .....	93
Relación exposición-respuesta .....	64	<b>ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA PREVENTIVO ANTE EL RIESGO QUÍMICO ...</b>	94
<b>ALTERACIONES PRODUCIDAS POR LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS.....</b>	<b>66</b>	<b>COORDINACIÓN INTEREMPRESARIAL .....</b>	97
Efecto irritante .....	67	<b>INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES .....</b>	99
Efecto cáustico o corrosivo .....	68	<b>CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES .....</b>	101
Efecto neumoconítico .....	68	<b>DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA PREVENTIVO .....</b>	102
Efecto asfixiante .....	68	<b>INICIATIVAS VOLUNTARIAS DE CONDUCTAS RESPONSABLES ANTE LOS RIESGOS QUÍMICOS .....</b>	104
Efecto sensibilizante o alérgeno .....	69	<b>PLANES DE EMERGENCIA .....</b>	108
Efectos sistémicos .....	69		
Efecto cancerígeno .....	70		
Efecto tóxico para la reproducción .....	70		
Alteración endocrina .....	71		
<b>5. EFECTOS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS SOBRE LA SALUD</b>		<b>7. GESTIÓN DE LOS RIESGOS QUÍMICOS EN LA EMPRESA. RIESGOS ESPECÍFICOS</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>73</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>113</b>
<b>DINÁMICA DE LA BIOSFERA .....</b>	<b>74</b>	<b>RIESGOS PARA LA SEGURIDAD .....</b>	<b>113</b>
<b>CICLOS NATURALES .....</b>	<b>75</b>	Investigación y desarrollo .....	114
Ciclo de la energía .....	75	Seguridad en el proyecto .....	115
Ciclo de la materia .....	76	Montaje, puesta en marcha y operación .....	116
<b>EJEMPLOS DE CICLOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>77</b>	Mantenimiento .....	117
Ciclo del carbono .....	77	Procedimientos de trabajo .....	118
Ciclo del fósforo .....	78	Características de los procedimientos de trabajo .....	120
<b>CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE ..</b>	<b>79</b>	Señalización .....	121
Contaminantes del medio ambiente .....	79	<b>CONTROL DE LOS RIESGOS INHERENTES A LOS ACCIDENTES GRAVES EN LOS QUE INTERVENGAN SUSTANCIAS PELIGROSAS .....</b>	<b>122</b>
La persistencia como factor de riesgo .....	81	<b>NOVEDADES Y ASPECTOS DESTACABLES DEL NUEVO MARCO REGLAMENTARIO SOBRE ACCIDENTES GRAVES .....</b>	<b>124</b>
<b>MEDIDA DE LA PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL MEDIO AMBIENTE .....</b>	<b>83</b>	Aspectos destacables del contenido .....	126
<b>6. GESTIÓN DE LOS RIESGOS QUÍMICOS EN LA EMPRESA. ASPECTOS GENERALES</b>		Autoridades competentes para el desarrollo y control del cumplimiento de la normativa legal .....	126
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>85</b>		

Obligaciones generales y específicas para los industriales afectados .....	127
Política de prevención de accidentes graves (PPAG) .....	127
Informe de seguridad (IS) .....	129
Planes de emergencia interior (PEI). Contenido .....	131
Planes de emergencia exterior (PEE) .....	133
Revisiones de los planes de emergencia .....	135
Información a la población .....	135
<b>GESTIÓN DE SITUACIONES DE CRISIS .....</b>	<b>136</b>
Posibles desencadenantes de una crisis .....	138
Grados de la crisis .....	140
Preparación para la gestión de la crisis .....	141
<b>RIESGOS PARA LA SALUD .....</b>	<b>144</b>
Enfermedades laborales .....	144
Implicaciones para el control del riesgo higiénico .....	146
Información sobre el riesgo higiénico .....	147
<b>PRODUCTOS QUÍMICOS EN AMBIENTES INTERIORES .....</b>	<b>149</b>
Calidad de aire interior. Aspectos generales ..	150
Evaluación de la calidad de aire interior .....	153
Control de la calidad de aire interior .....	154
<b>RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE .....</b>	<b>155</b>
Aspectos concretos de la actividad industrial que afectan al medio ambiente .....	156
<b>8. IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>161</b>
<b>CONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTOS .....</b>	<b>162</b>
Etiquetado de sustancias y preparados .....	162
Ficha de datos de seguridad .....	164
Otras fuentes de información .....	167
<b>CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO .....</b>	<b>169</b>
Riesgos debidos a la presencia de productos químicos .....	169
Identificación de las personas expuestas .....	170
Identificación de los comportamientos del medio ambiente afectados .....	171
Resultado del análisis .....	171
<b>9. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ACCIDENTE POR AGENTES QUÍMICOS</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>173</b>
<b>MÉTODO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE ACCIDENTE POR AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS .....</b>	<b>175</b>
Nivel de peligrosidad objetiva (NPO) .....	176
Nivel de exposición (NE) .....	183
Nivel de consecuencias (NC) .....	184
Nivel de riesgo (NR) .....	184
<b>ÍNDICES DE RIESGO DE PROCESOS QUÍMICOS (IRPO) .....</b>	<b>185</b>
<b>METODOLOGÍAS COMPLEJAS .....</b>	<b>186</b>
Los análisis funcionales de operatividad (Hazop) .....	186
Método de análisis por el árbol de fallos y errores .....	189
Método del árbol de sucesos .....	191
<b>10. EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>193</b>
<b>EVALUACIÓN DETALLADA DEL RIESGO PARA LA SALUD .....</b>	<b>193</b>
Evaluación de la relación exposición (dosis) - respuesta (efecto) .....	194
Establecimiento de criterios de valoración ..	195
Evaluación de la exposición .....	206
Evaluación del riesgo .....	210
<b>EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DEL RIESGO PARA LA SALUD .....</b>	<b>211</b>
<b>TRABAJO CON SUSTANCIAS CANCERÍGENAS O MUTÁGENAS .....</b>	<b>215</b>
Definición de los agentes cancerígenos o mutágenos .....	215
Evaluación de los riesgos .....	216
Registro y documentación de las evaluaciones .....	217
Medidas específicas de prevención y reducción de la exposición .....	218
Medidas de carácter general para la prevención y reducción de la exposición .....	219
Medidas de protección individual .....	219
Exposiciones accidentales y exposiciones no regulares .....	220
Vigilancia de la salud de los trabajadores .....	220
Información .....	221
<b>11. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ACCIÓN ADVERSA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>223</b>
<b>ACTIVIDAD DE LOS PODERES PÚBLICOS ....</b>	<b>223</b>
Ordenación de las actividades .....	224
Declaración de impacto ambiental .....	224
Establecimiento de límites ambientales .....	225
<b>PRINCIPALES PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES .....</b>	<b>225</b>

Aguas residuales .....	226
Emisiones a la atmósfera .....	226
Vertidos al suelo .....	228
Residuos industriales .....	228

## **12. CONTROL DEL RIESGO QUÍMICO. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS**

---

INTRODUCCIÓN .....	233
TRASVASE DE PRODUCTOS QUÍMICOS .....	234
Características de los envases empleados en los trasvases .....	234
Medidas preventivas .....	235
Instrucciones específicas de trabajo en trasvases .....	238
ELECTRICIDAD ESTÁTICA .....	238
Capacidad de carga electrostática de los líquidos .....	239
Medidas preventivas .....	240
Medidas de protección .....	241
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS .....	244
Aspectos a considerar en el almacenamiento .....	245
Clases de almacenamientos .....	245
Gestión de los "stocks" y organización del almacén .....	246
Medidas de seguridad .....	247
Riesgos de los almacenamientos .....	251
Gestión de los riesgos de almacenamiento ....	251
Seguridad en el proyecto .....	252
Medidas de protección .....	254
OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA .....	255
Normas a seguir para la carga y descarga .....	256
Sistemas de control de carga .....	258
MANTENIMIENTO .....	259
Preparación para el mantenimiento .....	259
Control de mantenimiento .....	262
TRANSPORTE DE MATERIAS PELIGROSAS..	267
Normativas de transporte .....	267
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA .....	269
Envases y embalajes .....	269
Clasificación y señalización de materias .....	272
Exenciones .....	275
Restricciones .....	276
Documentación .....	277
Tipos de vehículos .....	280
Materiales y equipos .....	281
Formación del personal .....	283
Consejero de seguridad de transporte .....	284

## **13. INSTALACIONES Y EQUIPOS**

---

INTRODUCCIÓN .....	287
SEGURIDAD EN INSTALACIONES EN LAS QUE INTERVIENEN PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS .....	287
Aparatos a presión .....	288
Aparatos sometidos a la acción de la llama ...	289
Aparatos no sometidos a la acción de la llama .....	289
Diseño de instalaciones .....	290
Materiales de construcción .....	290
Reactores y recipientes de proceso .....	292
Alivio de sobrepresiones .....	294
Tuberías y válvulas .....	295
Instrumentos de regulación y control .....	297
Control de fugas y derrames de productos tóxicos .....	300
Duchas de seguridad y fuentes lavaojos .....	302

## **14. INCENDIOS Y EXPLOSIONES**

---

INTRODUCCIÓN .....	307
CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS RELACIONADAS CON INCENDIOS Y EXPLOSIONES .....	307
Propiedades explosivas .....	307
Propiedades comburentes .....	308
Propiedades peligrosas de los peróxidos .....	308
Inflamabilidad de sólidos. Velocidad de combustión .....	310
Inflamabilidad de líquidos .....	310
Punto de inflamación .....	311
Temperatura de autoignición .....	312
Autooxidación .....	313
Inflamabilidad de gases .....	314
Límites de inflamabilidad .....	315
Concentración Límite de Oxígeno (CLO) .....	317
Inflamabilidad en contacto con el agua .....	317
Reactividad con el agua .....	318
Propiedades pirofóricas de sólidos y líquidos .....	318
Propiedades pirofóricas de gases .....	319
Otras características físico-químicas .....	319
INCENDIOS .....	323
PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE INCENDIOS .....	324
MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS	325
Acciones sobre el combustible .....	325
Acciones sobre el comburente .....	326
Acciones sobre los focos de ignición .....	327

MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	328
Resistencia al fuego .....	328
Protección estructural de edificios y locales .....	329
Evacuación .....	331
Extinción .....	333
Normativa sobre protección contra incendios .....	341
EXPLOSIONES .....	342
Clases de explosiones .....	344
Explosivos .....	345
Prevención de explosiones .....	345
Protección contra explosiones .....	346
Reglamentación sobre prevención y protección contra explosiones .....	347
INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROTEGIDAS .....	349
<b>15. VENTILACIÓN INDUSTRIAL</b>	
INTRODUCCIÓN .....	353
APLICACIONES DE LA VENTILACIÓN .....	355
MÉTODOS DE VENTILACIÓN .....	355
CUANTIFICACIÓN DE LA VENTILACIÓN .....	358
VENTILACIÓN GENERAL DE LOCALES .....	358
Necesidades de ventilación para la actividad humana .....	359
Necesidades de ventilación para diluir contaminantes .....	359
VENTILACIÓN POR DILUCIÓN DE PROCESOS .....	361
EXTRACCIÓN LOCALIZADA .....	362
Criterios de diseño de un sistema de extracción localizada eficaz .....	363
Comprobación del funcionamiento .....	365
MANTENIMIENTO .....	366
ELECCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN .....	366
<b>16. PROTECCIÓN INDIVIDUAL FRENTE AL RIESGO QUÍMICO</b>	
INTRODUCCIÓN .....	367
LA GESTIÓN DE LOS EPI .....	368
Necesidad de uso .....	369
Selección del equipo de protección individual .....	369
Adquisición de los EPI .....	370
Normalización interna de uso .....	370
Distribución .....	371
Supervisión .....	371
<b>CLASIFICACIÓN DE LOS EPI FRENTE AL RIESGO QUÍMICO</b> .....	371
Vía respiratoria .....	372
Pautas de utilización .....	382
<b>REQUISITOS LEGALES SOBRE FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN</b> .....	385
<b>17. ACTUACIÓN SANITARIA EN LA PREVENCIÓN DEL RIESGO QUÍMICO</b>	
INTRODUCCIÓN .....	387
PROGRAMAS DE VIGILANCIA DE LA SALUD PARA EL RIESGO QUÍMICO .....	389
Control biológico de exposición .....	393
Control biológico de efecto y pruebas de detección precoz .....	393
La protección de los trabajadores especialmente sensibles .....	394
La protección de la maternidad .....	395
ACTUACIÓN ANTE UNA EMERGENCIA .....	398
Eslabones de la cadena de socorro .....	399
Actuación ante quemaduras .....	401
Actuación ante intoxicaciones agudas .....	403
Traslado al hospital .....	406
MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS .....	407
OTRAS RECOMENDACIONES .....	408
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
REFERENCIAS .....	409
LEGISLACIÓN .....	410
España .....	410
Comunidad Europea .....	414
NORMAS .....	416
UNE .....	416
Otras Normas .....	416



# Propiedades peligrosas de los productos químicos. Riesgos químicos.

1

## INTRODUCCIÓN

Desde hace años los productos químicos se desarrollan, fabrican y utilizan en cantidades crecientes por un número de industrias en constante aumento. Actualmente existen en el mercado más de 100.000 sustancias y cada año se introducen en el comercio unas 1.000 sustancias nuevas. El nivel de vida y bienestar de los países desarrollados ha aumentado de forma paralela a la producción y uso de productos químicos. Hoy día, la sociedad moderna no puede prescindir de la utilización de estos productos. Pero, a pesar de ser evidente que los productos químicos han hecho posible muchos de los beneficios que actualmente disfruta nuestra sociedad, la experiencia demuestra que estos productos también son capaces de producir daños o efectos indeseables sobre las personas, los bienes materiales y el medio ambiente. La manifestación de estos daños o efectos indeseables ha aumentado también de forma paralela al incremento que ha registrado la utilización de los productos químicos.

De esta situación se deduce la necesidad de adoptar medidas que permitan conciliar la utilización de los agentes químicos con la mayor seguridad posible de que no se produzcan daños.

Se justifica, por tanto, el interés y la prioridad del estudio y conocimiento de la capacidad de los productos químicos para provocar acciones adversas con la finalidad de prever los daños que puede comportar su utilización y, de este modo, poder adoptar unas medidas de prevención adecuadas.

A continuación se revisan una serie de conceptos básicos en relación con la denominación de producto químico, las características y capacidad de producir efectos adversos de estos productos y las consecuencias de esta capacidad.

## SUSTANCIAS QUÍMICAS Y PREPARADOS

Los productos químicos pueden ser *sustancias* o *preparados*.

Se entiende por *sustancias* los elementos químicos y sus compuestos en estado natural. En diversas disposiciones legislativas se completa esta definición añadiendo la frase: "... o tal como

PRODUCTOS QUÍMICOS = SUSTANCIAS QUÍMICAS O PREPARADOS

se obtienen mediante cualquier procedimiento de producción, que contengan cualquier aditivo necesario para preservar la estabilidad del producto y cualquier impureza derivada del procedimiento, con excepción de todo disolvente que pueda separarse sin afectar a la estabilidad de la sustancia ni modificar su composición".

Se denominan *preparados* las mezclas o soluciones compuestas de dos o más sustancias que mantienen su identidad, o sea, que no reaccionan entre sí para dar lugar a otras sustancias.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS. EFECTOS ADVERSOS

La diferente composición molecular de las sustancias les confiere características propias, tanto físicas como de comportamiento químico. Una característica común a muchas sustancias es la capacidad de producir efectos adversos debido a sus propiedades fisicoquímicas (explosivos, inflamables) o a sus propiedades toxicológicas, que pueden dar lugar a efectos adversos por interacción con un sistema biológico. Estas características las comparten también los preparados en los que tales sustancias están presentes en cantidades significativas. De este modo, los posibles daños o efectos indeseables de un producto

UN PRODUCTO PUEDE CAUSAR DAÑO POR SUS PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS O FISICOQUÍMICAS

químico se explican desde la base de las propiedades fisicoquímicas y/o toxicológicas de las sustancias que incorpore.

La capacidad de acción de los productos químicos justifica la denominación alternativa de *agentes químicos*, que se emplea frecuentemente para referirse a los productos químicos considerados como origen o causa de determinadas acciones.

## PELIGROS QUÍMICOS

Otro concepto importante que también conviene concretar en relación con los efectos adversos de los productos químicos, es el de *peligro*. En la Directiva 98/24/CE, relativa a la protección

de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, se define el peligro como la *capacidad intrínseca de un agente químico para causar daño*.

De acuerdo con esta definición, las sustancias capaces de producir efectos indeseables son consideradas como *peligrosas* y las acciones adversas concretas que pueden provocar determinan *riesgos* que son intrínsecos a la naturaleza de aquellas. Por extensión, los preparados capaces de producir dichos efectos se califican también como *peligrosos*. Según el tipo de efectos adversos, se diferencia entre peligros para la seguridad, para la salud o para el medio ambiente, y esta diferenciación se aplica análogamente a los productos peligrosos.

Por otra parte, para que la peligrosidad de una sustancia lleve a actualizarse en forma de daños sobre las personas, los bienes o el medio ambiente es necesario que se den unas condiciones o circunstancias apropiadas. La producción de efectos debidos a las propiedades físicas - riesgos para la seguridad - depende de las condiciones de utilización o de presencia de las sustancias, en tanto la producción de los efectos tóxicos - riesgos para la salud o el medio ambiente - depende de las condiciones de exposición o interacción mutua de las sustancias con los individuos o los sistemas biológicos. Las condiciones capaces de permitir o favorecer una acción adversa determinada son variadas y dependen de las características y el mecanismo de la propia acción.

## CONCEPTO DE RIESGO QUÍMICO

La Directiva 98/24/CE citada anteriormente define riesgo como *la probabilidad de que la capacidad de daño se materialice en las condiciones de utilización o exposición* (de un agente químico).

De acuerdo con esta definición se puede afirmar que el uso o presencia de productos químicos peligrosos, en un lugar determinado, comporta un riesgo característico, conocido como *riesgo químico*, que se entiende como la combinación de la probabilidad de que la capacidad para ocasionar daños se actualice, bajo las circunstancias concretas de uso o presencia, y de la posible importancia de los daños.

Los conceptos de "peligro" y "riesgo", que se confunden frecuentemente en el lenguaje corriente, deben diferenciarse adecuadamente en este contexto. El primero significa la capacidad intrínseca de un producto químico para producir un daño, y el segundo la probabilidad de que el producto peligroso produzca efectivamente el daño en las condiciones concretas de utiliza-



ción o de exposición, junto con la importancia de dicho daño. El concepto de riesgo se refiere, por tanto, a los *efectos adversos esperados* de la acción de un producto peligroso en unas *circunstancias concretas*, e integra la probabilidad de que se produzcan los daños junto con el nivel o importancia de los mismos.

Siguiendo la definición expuesta, el concepto de "riesgo" se puede expresar en forma matemática como:

$$\text{riesgo} = \text{probabilidad} \times \text{importancia de los daños}$$

El segundo factor puede, a su vez, expresarse como:

$$\text{importancia de los daños} = \text{gravedad (nivel) de los efectos} \times \text{extensión de los efectos}$$

entendiendo como "extensión de los efectos" el número de individuos o el área material afectada.

Se deduce de las afirmaciones anteriores que los riesgos químicos, en una situación determinada (ver la figura 1), dependen de la peligrosidad intrínseca de las sustancias presentes, que determina la naturaleza de los daños posibles, y de las condiciones de uso de las mismas, que determinan la probabilidad de que se produzcan efectivamente los daños, así como la incidencia y gravedad de los mismos (ver la figura 2).

En consecuencia, el estudio del riesgo debido a la manipu-



lación y utilización de los productos químicos peligrosos debe iniciarse considerando, en primer lugar, las posibilidades de caracterizar y clasificar la peligrosidad intrínseca de las sustancias en función de sus propiedades físico-químicas y toxicológicas.

EL RIESGO QUÍMICO DEPENDE DE LA NATURALEZA DEL PRODUCTO Y DE SUS CONDICIONES DE USO

En segundo lugar, es conveniente estudiar los mecanismos por los que se producen los diversos tipos de efectos adversos, al objeto de poder identificar las circunstancias capaces de permitir o favorecer dichos efectos y que pueden formar parte de las condiciones de trabajo o de uso de los productos químicos. Debido a su influencia sobre el riesgo, estas circunstancias son identificadas, al igual que la presencia del producto peligroso, como *factores de riesgo*.

## PREVENCIÓN DEL RIESGO QUÍMICO

La variedad y gravedad de los efectos adversos de las sustancias peligrosas y el creciente empleo de productos químicos en la industria y en otras muchas actividades determinan la gran importancia que actualmente tienen los riesgos químicos para las personas (trabajadores y usuarios) y para el medio ambiente.

La mejor manera de evitar estos efectos y eliminar el riesgo químico es reemplazar los productos peligrosos por sustitutos inofensivos. Desgraciadamente, esto no siempre es posible y la prevención de este riesgo precisa acciones más complejas que, a su vez, conllevan importantes efectos económicos y sociológicos y que se desarrollan mediante programas específicos de gestión, que pueden plantearse a diferentes niveles, siendo la empresa uno de los ámbitos preferentes donde deben ser aplicados, tal como contempla la actual legislación laboral. Las acciones legislativas establecidas a nivel general para alcanzar una eficaz gestión del riesgo químico se exponen a continuación.

El riesgo químico y su prevención son objeto de importante atención por parte del gobierno mediante la participación de diferentes organismos de la Administración. A nivel supranacional, destaca la actividad de la Unión Europea (UE), que se ha traducido en la adopción de numerosas directivas y reglamentos destinados a promover la mejora y la armonización del tratamiento de los riesgos químicos en los Estados miembros. Muchas de estas disposiciones, incorporadas ya a la legislación española, son objeto de atención en varias partes de este texto.

### Disposiciones legislativas

Parte de las disposiciones comunitarias tienen por objeto mejorar el conocimiento e información sobre la peligrosidad de los productos químicos mediante la imposición de la obligación de obtener y difundir este conocimiento como requisito para poder comercializar los productos químicos. La legislación sobre etiquetado y fichas de seguridad responde a estas directrices.

La Unión Europea estableció en 1982 el Inventario Europeo de Sustancias Comerciales Existentes (EINECS). Sólo los productos químicos listados en este registro (unos 100.000) podían ser puestos en el mercado comunitario sin necesidad de ser previamente sometidos a ensayos. El resto, considerado como sustancias nuevas, debían "notificarse" lo que implicaba la obtención de datos muy completos sobre peligrosidad y su clasificación provisional, pudiendo dar lugar a la formulación de advertencias especiales para su empleo o a algún grado de limitación para su comercialización. Todas las sustancias nuevas notificadas se incluyeron en un registro específico denominado Inventario Europeo de Sustancias Químicas Notificadas (ELINCS).

NO SE PUEDE COMERCIALIZAR UN  
PRODUCTO QUÍMICO DEL QUE NO SE  
CONOZCAN SUS CARACTERÍSTICAS DE  
PELIGROSIDAD

Paralelamente, la UE ha mantenido un programa para la evaluación del riesgo de las sustancias existentes, en el que se revisaban la calidad y la suficiencia de los datos existentes sobre su peligrosidad.

Todas estas actividades de la UE han sido revisadas, con el resultado de la aprobación a finales de 2006 del Reglamento (CE) 1907/2006 de 18 de diciembre relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH en su acrónimo en inglés). El Reglamento REACH, en vigor a partir del 1 de junio de 2007, está integrado por tres elementos:

- a) *Registro* en una base central de datos de la información básica relativa a unas 30.000 substancias (todas las sustancias producidas o importadas, tanto nuevas como ya existentes en el mercado, en cantidades superiores a 1 t/año), proporcionada por las empresas.
- b) *Evaluación* de la información registrada de las sustancias persistentes, bioacumulables, sensibilizantes o carcinógenas, mutágenas o tóxicas de la reproducción, o de las clasificadas como peligrosas (según el RD 363/95) producidas o importadas en cantidades superiores a 100 t/año, cuyos usos den lugar a una exposición amplia y dispersiva. Se establecerán criterios para preparar un listado priorizado de sustancias a evaluar basado en su peligrosidad, nivel de exposición y tonelaje anual.

c) Autorización previa de todas las sustancias con propiedades intrínsecas de muy elevada preocupación:

- Sustancias carcinogénicas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción (CMR), de categorías 1 y 2.
- Sustancias persistentes (contaminantes orgánicos persistentes, POP), bioacumulables y tóxicas (PBT).
- Sustancias muy persistentes y muy bioacumulables (mPmB)
- Otras sustancias que presenten un nivel equivalente de preocupación, como los disruptores endocrinos

Para que la sustancia pueda usarse, se tendrán en cuenta las posibilidades de hallar sustitutos y los estudios riesgo – beneficio de su utilización. También se mantendrá la política de limitación y restricción de uso cuando se considere conveniente. Se estima que el proceso de autorización afectará a unas 1.400 sustancias.

El desarrollo y aplicación del REACH, que culminará en el año 2018, se llevará a cabo paralelamente a una iniciativa a nivel mundial denominada GHS (Globally Harmonized System) patrocinada por organizaciones de la ONU de cara a unificar (armonizar), a nivel mundial, todo lo referente a la identificación y comunicación del riesgo químico, incluyendo también el transporte de los productos químicos que se comenta más adelante. El plazo de ejecución de este programa a nivel mundial finaliza el año 2020.

También se está desarrollando un “Enfoque estratégico para la gestión de los productos químicos a nivel internacional” (SAICM), adoptado por la Conferencia Internacional sobre Gestión de Productos Químicos (ICCM) celebrada el 6 de febrero de 2006 en Dubai, Unión de Emiratos Árabes. El objetivo del mismo es, además de la unificación de los sistemas de información del riesgo químico promovido por el GHS, la ayuda a los países en desarrollo para la correcta gestión de los productos químicos.

En el campo del transporte de mercancías peligrosas existen un conjunto de reglamentos, guías y recomendaciones, relativas al transporte de productos químicos por diferentes vías, cuyos criterios de clasificación de peligrosidad no siempre son coincidentes, pero cuya aplicación es de evidente interés.

Finalmente como otras acciones a nivel mundial para la gestión del riesgo químico, cabe citar: el Programa Internacional sobre Seguridad Química (IPCS), en el que cooperan el Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (UNEP) con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Oficina Inter-

EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS  
QUÍMICOS PELIGROSOS ESTÁ REGULADO  
POR REGLAMENTOS INTERNACIONALES

nacional del Trabajo (OIT), una de cuyas iniciativas es la preparación, en colaboración con la Comisión de la UE, de las Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ); el Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (IRPTC); y las actividades de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC).

## VALORACIÓN DEL RIESGO. CRITERIOS DE VALORACIÓN

El riesgo en una situación determinada suele estimarse por comparación con datos obtenidos de experiencias en situaciones equivalentes (epidemiológicos, toxicológicos, etc.). La valoración ulterior del riesgo así estimado puede efectuarse utilizando un *criterio de valoración* específico, establecido desde la base de experiencias concretas, que puede tener carácter legal o constituir solamente una referencia económica, sociológica, etc. El resultado de esta valoración deberá proporcionar una guía y justificación para la adopción de las medidas oportunas para el control del riesgo considerado.

### Riesgo aceptable

El establecimiento de un criterio de valoración suele implicar la aceptación de un determinado nivel de riesgo, dado que frecuentemente no es posible que dicho criterio corresponda a una situación de seguridad absoluta. Los niveles de riesgo que un individuo, o la sociedad en conjunto, encuentra aceptables dependen de una serie de factores, siendo uno de los principales el costo - en un sentido amplio - de las medidas de control. Por ello, el análisis de la relación costo/beneficio es importante para fijar un nivel de riesgo aceptable o un criterio de valoración concreto.

Pero también el nivel de riesgo aceptable depende de la percepción que el individuo tiene de un riesgo determinado. La percepción del riesgo presupone una cierta valoración de dicho riesgo por el individuo y condiciona su actitud frente al mismo. La actitud de la persona ante el riesgo químico es sumamente importante, ya que influye en su respuesta a las medidas de prevención que puedan establecerse para su control en un escenario concreto. De aquí el interés en conocer los factores que actúan sobre la percepción del riesgo.

## LA PERSONA ANTE EL RIESGO QUÍMICO

Las personas difieren en cuanto a la percepción de los riesgos, ya que cada una de ellas los evalúa combinando criterios

a los que asigna diversos grados de importancia. Así, no sólo se pueden tener en cuenta aspectos cuantitativos como la probabilidad y las consecuencias de un accidente o enfermedad, sino que también se pueden integrar dimensiones cualitativas, realizando un balance de pérdidas/beneficios, en el que intervienen la inmediatez o no de los efectos, la salud y la economía (propias y ajena), el potencial beneficioso o catastrófico para futuras generaciones y para el medio ambiente, el grado de certidumbre y conocimiento del riesgo, el carácter voluntario o no de la exposición, el nivel de confianza en las posibilidades de control, etc. En consecuencia, es difícil predecir el resultado de la valoración del riesgo para las personas, cómo será percibido y en qué grado será aceptado o tolerado.

LAS PERSONAS DIFEREN EN CUANTO A LA PERCEPCIÓN DE LOS RIESGOS

De una manera simplificada, se podría decir que las diferencias en la percepción de los riesgos entre las personas dependen de las características individuales y de los factores sociales, culturales y económicos de las mismas. Concretamente, influyen:

- La información que se tiene sobre las posibles consecuencias de la utilización de productos químicos y los efectos positivos y negativos de los mismos (inmediatos y diferidos).
- La formación y experiencia acerca de procedimientos de prevención y control relacionados con los productos químicos (métodos seguros de trabajo, mecanismos de vigilancia, detección y protección).
- Las características del grupo social y cultural al que se pertenezca o que se utilice como referencia: el conjunto de creencias y valores acerca de los riesgos, su naturaleza y origen, su carácter necesario o no, etc.
- Las características individuales como son: edad, personalidad, formación, historia de aprendizaje y de experiencia personal, etc.

En cuanto a la aceptación de una actividad que conlleva riesgos y el nivel de riesgo tolerado, también hay diferencias entre las personas; incluso puede no ser constante en una misma persona, pues el concepto de peligro y la propia actitud o tendencia de conducta, ante los factores de riesgo, se modifica a lo largo de la historia individual y está en función de los siguientes aspectos:

- La integración de la información procedente de la evaluación científica de los riesgos en los esquemas de percepción personales; dicha información configura la conducta individual, sólo en la medida en que esté integrada.

- La aceptación de la formación y el compromiso personal y de grupo con los procedimientos seguros de trabajo; la experiencia previa en la actividad y sus riesgos; la confianza en el control propio y ajeno de las situaciones potencialmente peligrosas.
- El grado de implicación y corresponsabilidad en la seguridad general.
- La actitud ante la autoridad y los procedimientos de trabajo.

LA INFORMACIÓN ES EL PRIMER PASO  
PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO  
QUÍMICO

- La necesidad de destacar entre los demás por razones de competitividad, de reconocimiento, de prestigio social, etc.
- El resultado del cálculo de probabilidades y del balance de las consecuencias (tanto positivas como negativas) derivadas de una posible aceptación de los factores de riesgo.

Para que una persona decida asumir o no un riesgo, es muy importante que tenga un conocimiento del mismo lo más completo posible (cómo evitarlo, cómo reducirlo o cómo controlarlo y por qué, cómo prevenir sus efectos negativos, etc.). De este modo, se evitaría que el desconocimiento distorsione la percepción del riesgo y el balance personal de ventajas e inconvenientes. Además, en la obtención de conocimiento son fundamentales la seguridad y la confianza que nos merecen las fuentes de información (sean expertos técnicos, asociaciones de trabajadores o de empresarios, organizaciones sin ánimo de lucro, etc.), pues afectan al modo en que recibiremos la información y cómo ésta repercutirá en nuestros puntos de vista, en nuestras percepciones y en el significado que otorguemos al conjunto de medidas preventivas de necesario cumplimiento para mantener bajo control los riesgos químicos.

El riesgo químico vinculado a algunas actividades tiene la característica de que sus efectos sobre la salud no siempre son observables de inmediato, pudiendo manifestarse retardadamente, a muy largo plazo, incluso en generaciones posteriores. En consecuencia, y dada la dificultad en estos casos de establecer una *relación de contingencia* (asociación exposición/efecto) de una forma rápida y duradera, se hace más difícil tomar conciencia de las consecuencias negativas y de la importancia de mantener conductas seguras. Es decir, para una persona es más fácil establecer relaciones de correspondencia entre el manejo inadecuado de un producto químico y sus efectos, cuando éstos son inmediatos y graves. Por ejemplo, se aprenderán de un modo más rápido y se seguirán con más rigor las instrucciones de seguridad para evitar el contacto con productos corrosivos, de efectos inmediatos, observables y cuantificables, que las desti-

nadas a evitar la exposición a vapores orgánicos con efectos neurotóxicos a largo plazo.

También existe en algunos colectivos una situación generalizada de desconfianza frente a cualquier producto o actividad química, generada precisamente por el desconocimiento (en muchos casos cierto) de los efectos a largo plazo de la exposición a un producto o mezclas de productos, aun a muy bajas dosis. Es lo que viene en llamarse “quimiofobia”, acrecentada por la dificultad, existente en muchos casos, en transmitir de manera comprensible la información científica disponible.

Por todo ello, es fundamental la información objetiva y de base científica sobre las características de los productos químicos, sus riesgos y la manera de reducirlos lo máximo posible.



# Criterios de peligrosidad para agentes químicos peligrosos

2

## INTRODUCCIÓN

Las acciones adversas que los productos químicos peligrosos son capaces de ejercer sobre las personas y el medio ambiente son la respuesta a diversos mecanismos cuya actuación suele estar condicionada por circunstancias que pueden formar parte de las condiciones de trabajo. Por esta razón, el conocimiento de estos mecanismos es importante, porque proporciona la base para identificar los daños posibles en las circunstancias de una situación real o prevista de exposición a productos peligrosos, así como para establecer las medidas más eficaces para la prevención de estos daños que tienen su origen en la capacidad de aquéllos para:

- a) dar lugar a incendios y explosiones,
- b) corroer o irritar la piel o las mucosas,
- c) intoxicar a corto y largo plazo,
- d) afectar negativamente al medio ambiente.

LAS ACCIONES ADVERSAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS SON: INCENDIOS Y EXPLOSIONES Y ALTERACIONES DE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Un estudio más detallado de estos daños o efectos adversos permite una clasificación de los productos químicos según este criterio, lo que facilita la elección de las medidas dirigidas a eliminar o limitar los riesgos de su utilización (ver la figura 1).

Respecto a esta clasificación hay que tener en cuenta dos aspectos. En primer lugar, que una sustancia peligrosa puede producir una o varias acciones adversas al mismo tiempo. En segundo, que las características de una manipulación específica (almacenamiento, transporte, trasvase, etc.) pueden, a su vez, orientar sobre el grado de dichas acciones adversas, lo que conviene tener en cuenta para una clasificación destinada a esa actividad, en función de la cual se establecen las medidas de prevención más adecuadas.



Figura 1. Clasificación de los productos químicos en función de sus capacidades de daño

Asimismo, debe tenerse en cuenta, tal como se indica en el RD 374/2001, que un agente químico no sólo se considera peligroso cuando dispone de capacidad para causar daño debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas, es decir, a su peligrosidad intrínseca, sino también cuando puede ser causa de un riesgo para la salud y la seguridad de las personas según la forma en la que se utiliza o se halla presente en el lugar o ambiente de trabajo.

Por esta razón existen diversas normas de clasificación de los productos químicos, tanto nacionales como internacionales

les: transporte de mercancías peligrosas, almacenamiento de productos químicos y control del riesgo de accidentes industriales graves, entre otras. Cada norma debe establecer unos criterios cualitativos y cuantitativos inequívocos como base para la clasificación, así como identificar con claridad su campo de aplicación.

Se expone a continuación la norma de clasificación de peligrosidad e identificación del riesgo químico establecida en la UE para la comercialización de los productos químicos. Se indican, también, los criterios establecidos en función de sus características y efectos sobre la salud y el medio ambiente, que permiten obtener una información general sobre la peligrosidad de los mismos. Más adelante se comentarán otras normas de aplicación legal en casos más particulares.

### **CRITERIOS DE PELIGROSIDAD EN LA NORMATIVA PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS**

Con el fin de definir claramente el concepto de “sustancias y preparados peligrosos” y armonizar la clasificación de los mismos, la UE ha establecido unos criterios uniformes sobre este tema en la Directiva 67/548/CEE, modificada, sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, y en la Directiva 99/45/CE, modificada, sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, transpuestas, respectivamente, a la legislación española mediante el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, “Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas”, y el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, “Reglamento

sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos". Los productos radiactivos tienen legislación específica.

Estas disposiciones van siendo actualizadas de manera continua y su contenido es de obligado cumplimiento para la comercialización de cualquier producto químico, salvo algunas excepciones para las cuales existe una reglamentación específica. En ellas se establecen, según sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas, sus efectos específicos sobre la salud humana o sus efectos sobre el medio ambiente, las siguientes categorías de sustancias y preparados peligrosos: explosivos, comburentes, extremadamente inflamables, fácilmente inflamables, inflamables, muy tóxicos, tóxicos, nocivos, corrosivos, irritantes, sensibilizantes, carcinogénicos, mutagénicos, tóxicos para la reproducción y peligrosos para el medio ambiente. Los criterios cuantitativos utilizados para esta clasificación están descritos en el Anexo VI del citado Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. En el Anexo V del mismo Reglamento se describen los métodos a seguir para efectuar los ensayos de los productos químicos que son necesarios para determinar sus propiedades físico-químicas, toxicológicas y ecotoxicológicas.

En el Anexo I de dicho RD se presenta la lista de sustancias químicas peligrosas que tienen una clasificación y etiquetado armonizado en el ámbito de la UE.

LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS SE CLASIFICAN SEGÚN SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TOXICOLÓGICAS Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

**Explosivos:** las sustancias y preparados sólidos, líquidos, pastosos o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno atmosférico, pueden reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente, o bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explosionan. Ejemplos: ácido pícrico, isocianato (fulminato) de mercurio y nitroglicerina.

#### Propiedades fisicoquímicas

**Comburentes:** las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica. La sustancia comburente más común es el oxígeno del aire, pero en algunos casos el comburente puede ser un producto químico que contenga oxígeno. Por ejemplo: nitratos, cloratos, percloratos y peróxidos.

**Extremadamente inflamables:** las sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de ignición extremadamente bajo y un punto de ebullición bajo, y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presión normales, sean inflamables en contacto con el aire. Como ejemplo de sustancias líquidas

pueden citarse acetona y éter dietílico. Como sustancias gaseosas, hidrógeno y butano.

*Fácilmente inflamables:* las sustancias y preparados que puedan calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía; los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente; los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo; y, por último, los que, en contacto con el agua o con el aire húmedo, desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas. Por ejemplo: acetato de etilo, etanol y otros disolventes orgánicos y fósforo rojo y magnesio en polvo, entre otros sólidos.

*Inflamables:* las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo. Por ejemplo: alcohol alílico y 2-etoxietanol (cellosolve).

---

**Efectos sobre la salud**

*Muy tóxicos:* las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte. Ejemplos: fosgeno y sulfato de dimetilo.

*Tóxicos:* las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte. Ejemplos: fenol, metanol y cromato de cinc.

*Nocivos:* las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte. Ejemplos: tolueno y tricloroetileno.

*Corrosivos:* las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos, puedan ejercer una acción destructiva de los mismos. Se trata de ácidos como clorhídrico y sulfúrico, bases como sosa y potasa y compuestos oxidantes como hipoclorito sódico y nitrato de plata.

*Irritantes:* las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas, puedan provocar una reacción inflamatoria. Producen este efecto algunos disolventes orgánicos, como metiletilceltona y soluciones diluidas de algunas bases.

*Sensibilizantes:* las sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos. Por ejemplo: los isocianatos.

*Carcinogénicos:* las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia. Ejemplos: cloruro de vinilo, bencidina, sulfuro de níquel, benceno.

*Mutagénicos:* las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia. Ejemplos: etilenimina, óxido de etileno, sulfato de dietilo y dicromatos de sodio y de potasio.

*Tóxicos para la reproducción:* las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia o aumentar la frecuencia de éstos o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora. Ejemplos: monóxido de carbono, 2-etoxietanol (cellosolve) y 2-metoxietanol (metilcellosolve) y sus acetatos.

*Peligrosos para el medio ambiente:* las sustancias y preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente. Se trata, por ejemplo, de productos organoclorados, de algunos disolventes y de sales de metales pesados.

#### Efectos sobre el medio ambiente

### PELIGROSIDAD DEBIDA A LA FORMA EN QUE SE UTILIZAN O SE HALLAN PRESENTES LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

Además de la peligrosidad intrínseca de los productos químicos, debe considerarse la forma física en la que se encuentran, así como las condiciones en las que se van a utilizar. Por ello es importante conocer si el producto está en forma gaseosa o líquida, o si puede presentarse en forma de humo, vapor o aerosol.

Entre los factores que aumentan o disminuyen la peligrosidad de una determinada sustancia química, de acuerdo con su estado y condiciones de uso, se hallan la temperatura, la presión de vapor, el estado físico y el estado de agregación (tamaño de partícula, fibras, etc.). Además, la capacidad de los mecanismos de defensa del organismo está relacionada con las propiedades fisicoquímicas de los productos o agentes químicos presentes, así, por ejemplo, los productos en fase gaseosa llegan más fácilmente a los alveolos pulmonares, al igual que las partículas de pequeño tamaño (submicrónicas), mientras que las partículas de tamaño grueso quedan retenidas en las vías respiratorias superiores.

Cuando la sustancia se presenta en el aire en fase gaseosa se trata de vapores o gases, mientras que se denomina “aerosol” cuando la sustancia está suspendida en el aire en forma de partículas sólidas o líquidas. Los aerosoles formados por partículas sólidas se denominan “polvo” o “humo” en función de que las mismas se hayan originado en un proceso de disgregación mecánica o por condensación de los vapores formados en un proceso térmico. Los aerosoles formados por partículas líquidas se denominan “nieblas”. Un caso especial de aerosoles sólidos lo constituyen las fibras, que son partículas en las que la relación entre su longitud y su diámetro es superior a tres.

Todos estos factores hacen que, en definitiva, la peligrosidad de un determinado producto químico no dependa sólo de sus características intrínsecas, sino de la forma y condiciones en las que preferentemente va a ser utilizado. Todo ello debe ser considerado en la asignación de la peligrosidad que un producto químico puede presentar.

# Reactividad de los productos químicos

3

## INTRODUCCIÓN

Una reacción química es un proceso que tiene como resultado la conversión de una o varias especies químicas (o sustancias) en una o varias especies químicas diferentes. Toda reacción química implica una rotura de enlaces de los átomos que constituyen las moléculas de las sustancias reaccionantes seguida de una reorganización de estos átomos que da lugar a especies químicas diferentes. Las reacciones pueden ser de tipo iónico o de tipo covalente según la naturaleza de los enlaces que se han alterado al producirse.

La Termodinámica define varios parámetros para expresar el contenido energético de las sustancias. Cuando tiene lugar una reacción química, se produce una emisión o una absorción de energía, que se manifiesta en parte en forma de calor y que corresponde a la diferencia entre los contenidos energéticos de las sustancias reaccionantes y los productos de la reacción. Desde otro punto de vista, esta energía de reacción también se identifica con el balance de las energías asociadas a la rotura de unos enlaces atómicos y a la formación de otros durante la reacción. En función de la energía en forma de calor que originan, las reacciones se clasifican en endotérmicas (reacciones que absorben calor) y exotérmicas (reacciones que desprenden calor). Como se verá más adelante, este último tipo de reacciones requieren un tratamiento específico desde el punto de vista de la seguridad, debido al riesgo que pueden originar, principalmente cuando la velocidad de reacción es elevada. Los citados parámetros termodinámicos permiten expresar y relacionar cuantitativamente diversos aspectos de la energía asociada a las reacciones químicas y, por tanto, estimar también sus niveles de riesgo.

Por reactividad química se entiende la capacidad o facilidad

de una sustancia química para reaccionar químicamente con otras sustancias en condiciones ambientales normales. La reactividad de una sustancia frente a otra depende de la naturaleza de ambas.

Una reactividad característica es la asociada a sustancias que producen valores de pH muy diferentes, como es el caso de las reacciones entre ácidos y bases. Dentro de la escala de pH, que oscila entre valores de 1 y 14, los ácidos tienen valores inferiores a 7, mientras que las bases los presentan superiores a 7. Cuanto mayor sea la diferencia entre los valores de pH que producen dos sustancias, mayor será la reactividad entre ellas.

Otra reactividad importante desde el punto de vista del riesgo químico está relacionada con el comportamiento oxidante o reductor de las sustancias. Un oxidante es un elemento o sustancia química que gana electrones al reaccionar. Cuando se trata de una molécula, la oxidación tiene lugar normalmente por cesión de oxígeno, aunque otros productos, como los halógenos (cloro, flúor, etc.) tienen el mismo comportamiento. El concepto de reductor se refiere al comportamiento contrario y, en consecuencia, la sustancia oxidante, se reduce durante el proceso. Un caso característico de reacciones de oxidación, por su desarrollo y consecuencias, son los incendios a los que, junto con las explosiones, se dedica específicamente el capítulo 14, aunque requerirían para su adecuado estudio un texto completo, dada su importancia y la magnitud de las acciones preventivas frente a ellos, que superan largamente el ámbito de la industria química.

## FACTORES FISICOQUÍMICOS QUE AFECTAN A LAS REACCIONES QUÍMICAS

### Enlaces químicos

Los átomos tienen un núcleo que contiene protones (carga positiva) y una capa externa formada por electrones (carga negativa). Cuando las cargas están compensadas se trata del átomo neutro, mientras que cuando hay más protones que electrones se trata de un ion positivo en este caso (catión), mientras que cuando es al revés tenemos un ion negativo (anión). La estabilidad de un compuesto químico en unas condiciones determinadas depende únicamente de la resistencia de los enlaces químicos entre los átomos o los iones de los que está formado.

La unión entre átomos compartiendo electrones se llama *enlace covalente*. Pueden compartirse un par de electrones (*enlace  $\sigma$* ), dos pares, en cuyo caso el segundo enlace será de tipo  $\pi$ , o tres pares, el tercero de los cuales es de tipo  $\delta$ . Las moléculas con enlaces tipo  $\pi$  son más rígidas y más reactivas por ser

éstos más frágiles que los  $\sigma$ . Lo mismo ocurre con los  $\delta$ . Si existen enlaces dobles separados por enlaces simples se produce el fenómeno de resonancia, que hace aumentar la estabilidad de la molécula, como es el caso del benceno y de los compuestos aromáticos en general.

Cuando se trata de una unión de iones (*enlace iónico*), cada ión está rodeado de otros iones de signo contrario, formando un entorno que es rígido en los sólidos y móvil en los líquidos y soluciones. Los átomos susceptibles de transformarse en iones dan lugar a reacciones muchas veces violentas (sodio o flúor con agua), al igual que soluciones acuosas de compuestos iónicos de cargas contrarias, como ácidos fuertes frente a bases fuertes.

La mayoría de compuestos están formados por enlaces *mixtos*, siendo raras las uniones puramente covalentes o puramente iónicas. El HF, por ejemplo, es iónico en un 60%, mientras que el HI lo es solamente en un 5%. El porcentaje depende de las cargas de los iones, del tamaño del catión y del anión y, en consecuencia, de la polarización (asimetría) de la molécula, lo que afectará a la reactividad de la misma. Si el compuesto actúa como disolvente, afectará no sólo a su capacidad como tal, sino también a la reactividad de los diferentes compuestos que se hallen en solución.

La fragilidad de los enlaces aumenta con su longitud y disminuye con el número de los mismos. Si tiene lugar una excitación aumenta la longitud y la fragilidad. Otra cuestión a considerar en este aspecto es el *tamaño del átomo* que también influye en la longitud del enlace y en consecuencia en su fragilidad. En los halógenos, por ejemplo, la solidez de sus enlaces con el carbono disminuye con el tamaño del átomo:



La rotura del enlace iónico tiene lugar de distintas maneras: por fusión, por disolución o por reacción entre compuestos iónicos. Las dos últimas pueden dar lugar a reacciones violentas, como la solubilización de hidróxido sódico en agua y la neutralización de un ácido por una base. Tanto los iones como los radicales formados reaccionan con las diferentes especies químicas presentes.

La rotura del enlace covalente puede ser heterolítica u homolítica, según si el par de electrones compartido va a parar a uno de los dos átomos, obteniéndose entonces iones de signos opuestos muy reactivos, o si cada uno de los átomos recupera uno de los dos electrones del par, obteniéndose también dos radicales muy reactivos. Tanto los iones como los radicales formados reaccionan con las diferentes especies químicas presentes.

**Energía de activación**

LA REACTIVIDAD DE UNA SUSTANCIA  
DEPENDE DE DIFERENTES PARÁMETROS  
FISICOQUÍMICOS

Se llama “energía de activación” a la cantidad mínima de energía capaz de iniciar una reacción. Sin esta energía la reacción no tiene lugar. La energía de activación es débil para las reacciones de tipo iónico y mucho más elevada para las reacciones covalentes. Ello explica que la mayor parte de las reacciones iónicas transcurran a baja temperatura y velocidad elevada.

**Desarrollo de las reacciones químicas**

Una reacción química tiene lugar a través de una serie de etapas intermedias, con formación de especies químicas de vida muy corta ( $10^{-10}$  s). Algunas de estas etapas son reacciones de equilibrio que pueden frenar el desarrollo de la reacción. Los mecanismos de las reacciones suelen ser complicados. El de las iónicas es una transferencia de electrones seguida de la aparición de nuevos iones o de la formación de un compuesto insoluble. En el de las covalentes, intervienen productos intermedios muy inestables y reactivos, correspondiendo el máximo de la energía de activación a la formación de asociaciones de moléculas en forma de complejos transitorios. Un ejemplo de reacción aparentemente simple, que es muy compleja, es la del oxígeno con el hidrógeno para formar agua. Esta reacción implica muchas etapas con formación de diferentes radicales.

Los catalizadores, los inhibidores y el propio disolvente de la reacción, como se comentará más adelante, se utilizan para facilitar o controlar el desarrollo de las reacciones químicas.

Los *catalizadores* son compuestos que contienen átomos con centros activos que participan en el ciclo de la reacción, aunque permanecen inalterados. Hacén más rápido el desarrollo de la reacción química y disminuyen la energía de activación. Aunque normalmente la presencia de un catalizador en una reacción química corresponde a una acción voluntaria, puede ocurrir que pequeñas impurezas presentes en el medio de reacción o los propios productos de la reacción actúen como catalizadores provocando reacciones muy violentas. Muchas explosiones de nitrato amónico se han asociado a la presencia de trióxido de cromo, que actúa como catalizador, aumentando 150 veces la velocidad de descomposición del nitrato.

Los *inhibidores* se añaden a ciertos productos químicos para evitar que tenga lugar una descomposición, una reacción química o una aceleración de la misma. Es habitual la adición de un inhibidor a los compuestos autooxidables para impedir la reacción de descomposición, aunque también se emplean inhibidores para detener reac-

EL DESARROLLO DE UNA REACCIÓN QUÍMICA PUEDE CONTROLARSE MEDIANTE CATALIZADORES O INHIBIDORES

ciones en un momento dado, por ejemplo, de polimerización cuando se llega al peso molecular deseado.

Cuando se trata de reacciones entre gases se puede aumentar la seguridad del sistema trabajando a presión atmosférica o, incluso, a vacío parcial, y también reduciendo la presión parcial de los reactivos mediante la introducción de un gas inerte sin variar la presión total.

En el medio líquido es muy importante el efecto de la concentración de los reactivos. En medio acuoso, el efecto de la dilución en la velocidad de reacción no presenta alteraciones significativas. En medio no acuoso, aparte del efecto de la dilución en la velocidad de reacción, hay que considerar también el producido por el *cambio de disolvente*. La velocidad de reacción de la trietilamina con el ioduro de etilo, por ejemplo, varía en la proporción 1/1.000/50.000 según se emplee como disolvente ciclohexano, benceno o nitrobenceno, compuestos de polaridad creciente. Este aspecto, junto con el de la solubilidad, debe ser tenido en consideración al cambiar el disolvente o al cambiar uno de los reactivos para realizar una reacción equivalente (con los mismos grupos químicos, por ejemplo). También existe la posibilidad de controlar la reacción adicionando productos capaces de aumentar la viscosidad del medio, dificultando así los intercambios moleculares.

En el caso de los reactivos sólidos se puede equiparar la concentración al *estado de división* de los mismos, aumentando con éste su reactividad. Los catalizadores e, incluso, los metales finamente divididos son capaces de generar reacciones especialmente violentas, incluyendo inflamaciones y explosiones. No hay que olvidar, por otra parte, que polvos de sustancias orgánicas combustibles pueden formar mezclas peligrosas con el aire. La manipulación y almacenamiento de estas sustancias pulverulentas en atmósferas inertes y en suspensión en líquidos también inertes es la técnica habitual empleada para prevenir reacciones inesperadas de reactivos sólidos.

LA CONCENTRACIÓN DE LOS REACTIVOS Y  
LA TEMPERATURA SON FACTORES  
DETERMINANTES DEL DESARROLLO DE  
UNA REACCIÓN QUÍMICA

La temperatura juega un papel muy importante en la velocidad de las reacciones. Debe tenerse en cuenta, además, que la temperatura ambiente es una temperatura termodinámicamente elevada (293 K). La constante de la velocidad de reacción sigue una ley exponencial (Arrhenius) según:

$$K = A e^{-E/RT}$$

donde A es el factor de frecuencia; E, la energía de activación, y

### Temperatura

R, la constante de los gases perfectos. En la práctica significa que una elevación de temperatura de 10 °C aumenta la velocidad de reacción en 2 o 3 veces.

Por otro lado, no debe olvidarse que las reacciones exotérmicas efectuadas bajo control, pero a temperaturas demasiado bajas, pueden iniciarse de manera retardada, acelerándose peligrosamente. Es deseable que una reacción exotérmica libere rápidamente su energía térmica de manera que ésta pueda ser absorbida inmediatamente por un dispositivo de refrigeración apropiado.

#### Energías electromagnéticas

También las energías electromagnéticas, en función de su longitud de onda, pueden excitar los electrones y modificar el estado de una molécula. Su capacidad energética aumenta con la frecuencia y, en consecuencia, disminuye con la longitud de onda: los rayos infrarrojos sólo se emplean normalmente como calefactores; la longitud de onda visible ya suele ser más activa, mientras que la ultravioleta, aún más activa, se emplea ya directamente como activador de reacciones siendo capaz de roturas de enlaces. Los rayos X y  $\gamma$  son aún mucho más energéticos.

#### Golpes y rozaduras

Los golpes y rozaduras, finalmente, también provocan la compresión de los átomos y aumentos de temperatura que pueden iniciar de forma violenta una reacción. En este sentido, las sustancias cristalizadas son, en general, más sensibles que en solución concentrada.

### PREVISIÓN DE LAS REACCIONES QUÍMICAS

La previsión de las reacciones químicas es una tarea difícil por la cantidad de parámetros que se ponen en juego. El conocimiento previo de la reacción es el primer paso, aunque muchas veces no sea posible por tratarse de una nueva síntesis. Aspectos complementarios a las consideraciones de tipo fisicoquímico realizadas en el apartado anterior son el conocimiento del nivel de reactividad de los grupos químicos, el balance de oxígeno y el cálculo termodinámico del nivel de riesgo. Este último requiere conocer las propiedades termodinámicas de los reactivos.

#### Examen de los grupos químicos de las moléculas

Cuando se conoce la fórmula química de un compuesto, el examen de los grupos químicos que lo constituyen puede dar una idea bastante aproximada de su reactividad. Se comentan más adelante las diferentes causas de inestabilidad (ver la figura 1).

<b>GRUPOS QUÍMICOS DE CARÁCTER INESTABLE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido inorgánico peroxidado</li> <li>• Alquilmetales</li> <li>• Arsina, borano, fosfina, silano</li> <li>• Azoduros, compuestos azido</li> <li>• Compuestos acetilénicos</li> <li>• Compuestos azo</li> <li>• Compuestos diazo</li> <li>• Compuestos nitrados</li> <li>• Compuestos nitrosados</li> <li>• Compuestos N-nitrados</li> <li>• Compuestos N-nitrosados</li> <li>• Compuestos polinitrados</li> <li>• Diazirina</li> <li>• 1,2-Epóxidos</li> <li>• Fulminatos</li> <li>• Halógenoalquilmetales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halógenoaminas</li> <li>• Hidroperóxidos, ácidos orgánicos peroxidados</li> <li>• Hidruros de alquilmetal</li> <li>• Hidruros metálicos</li> <li>• Hipohalogenito, halogenito, halogenato, perhalogenato</li> <li>• Nitraminas</li> <li>• Nitratos de alquilo o acilo</li> <li>• Nitritos de alquilo o acilo</li> <li>• Nitruros</li> <li>• Perácidos, persales, perésteres</li> <li>• Peróxidos de diacilo</li> <li>• Peróxidos de dialquilo</li> <li>• Peróxidos metálicos, sales de ácidos orgánicos peroxidados</li> <li>• Sales de diazonio</li> <li>• Sales de perclorilo</li> </ul>

Figura 1.

Ciertas sustancias pueden sufrir una combustión completa o parcial incluso en ausencia de aire, si su contenido en oxígeno es elevado. El carbono y el hidrógeno de la molécula se transforman en dióxido de carbono y agua. Si la molécula contiene además nitrógeno, éste se libera en forma de  $N_2$  y si contiene un halógeno, éste se libera en forma de halogenuro de hidrógeno.

Supóngase una molécula de fórmula empírica  $C_x H_y O_z N_p X_q$ . El balance de oxígeno consiste en estimar si la cantidad presente del mismo en la molécula es suficiente o no para la autocombustión. Viene dado por la fórmula:

$$B_0 = z - 2x - \frac{1}{2} (y - q)$$

Si  $B_0 < 0$ , hay defecto de oxígeno y combustión incompleta; si  $B_0 \geq 0$ , la combustión puede ser completa. El dinitrato de etilenglicol, por ejemplo, tiene un balance de oxígeno igual a 0, mientras que el de la trinitroglicerina es 0,5. El cálculo del balance de oxígeno permite, pues, conocer el comportamiento de un compuesto durante su combustión, en un incendio, por ejem-

### Balance de oxígeno

plo. Una sustancia con un  $B_0$  nulo o positivo no podrá ser apagada empleando medios de extinción que solamente impidan la presencia de oxígeno atmosférico.

### Cálculo termodinámico del nivel de riesgo

Puede establecerse un nivel de riesgo relativo al carácter inestable de un producto o de una reacción a partir de datos termodinámicos conocidos o medidos de los elementos, grupos químicos o moléculas que constituyen el producto o los reactivos.

La *entalpía libre de formación* ( $\Delta G_f$ ) se calcula mediante la fórmula:

$$\Delta G_f = \Delta H_f - T \Delta S_f$$

donde:  $\Delta S_f$  es la *entropía de formación* y  $\Delta H_f$  es la *entalpía de formación*.

Un valor muy negativo de  $\Delta G_f$  revela un producto muy estable o una reacción muy exotérmica (ver la figura 2). La máxima energía es la liberada por el compuesto más oxidado, que es el que tendrá tendencia a formarse en presencia de un oxidante y de una fuente de energía suficiente.

La diferencia negativa entre la entalpía libre de formación de dos sustancias ( $- \Delta G_f$ ) mide su afinidad química. Debe recordarse, sin embargo, que no existe relación entre la afinidad y la velocidad de reacción. Una reacción muy exotérmica ( $\Delta G << 0$ ) puede ser metaestable y en consecuencia no tener lugar si la energía de activación no se alcanza. Ya se han comentado los factores capaces de aportar esta energía: elevación de la

VALORES DE $\Delta G_f$ Y REACTIVIDAD PARA ALGUNAS SUBSTANCIAS		
Compuestos	$\Delta G_f$ a 298 K, kcal/mol	Reactividad
$\text{AgN}_3$	+ 90	Compuesto muy explosivo
$\text{MgH}$	+ 34	Inflamación espontánea
$\text{NH}_2-\text{NH}_2$	+ 31	Compuesto muy reductor
$\text{CH}_4$	- 12	Hidrocarburo inflamable
$\text{HCOOH}$	- 80	Producto de oxidación parcial
$\text{CO}_2$	- 94	Producto de oxidación total
$\text{MgO}$	- 136	Oxido muy estable
$\text{Ag}_2\text{SO}_4$	- 147	Compuesto muy estable

Figura 2.

temperatura, de la presión o la concentración, choque, rozamiento, radiaciones electromagnéticas, acción de un catalizador o de un solvente.

Otros parámetros termodinámicos a tener en cuenta son: la *entalpía de descomposición* ( $\Delta H_d$ ), utilizable para los compuestos de los que se sospecha que pueden descomponerse espontáneamente bajo el efecto de un choque o del calor; la *entalpía de combustión* ( $\Delta H_c$ ), que es interesante compararla con la anterior en el caso de las sustancias explosivas; y el *calor específico a presión constante* ( $C_p$ ), que se emplea para calcular las entalpías o las entropías a diferentes temperaturas.

LA PREVISIÓN DE LAS REACCIONES QUÍMICAS ES UNA TAREA DIFÍCIL POR LA CANTIDAD DE PARÁMETROS QUE SE PONEN EN JUEGO

## ESTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

En general, se admite que un producto químico es estable cuando es altamente probable que no se produzca una evolución del mismo a lo largo del tiempo. Aunque ya se han indicado ejemplos de grupos químicos manifiestamente inestables, diferentes son los aspectos que afectan la estabilidad, algunos de los cuales se comentan a continuación.

Dentro del grupo de sustancias que pueden sufrir una evolución, es un ejemplo la formación de peróxidos, que en ciertos casos pueden explotar violentamente. Su presencia se puede detectar de una manera muy sencilla mediante la aplicación del test de detección de peróxidos: a 10 ml de la muestra, añadir 1 ml de una solución acuosa al 10% de KI recientemente preparada. Si aparece una coloración amarilla estable, debida a la liberación de yodo, se puede dar por confirmada la presencia de peróxidos. La adición de algunas gotas de ácido favorece la reacción. En caso de resultado positivo, es necesario eliminar los peróxidos columnando el producto a través de alúmina activada, tratándolo con solución acuosa ácida de sulfato ferroso o con hidruro de litio y aluminio. Aunque la mayoría suelen comercializarse con estabilizantes, debe tenerse en cuenta que si han sido manipuladas (destilación, extracción), puede haberse eliminado el estabilizante (ver la figura 3).

### Formación de peróxidos

#### SUSTANCIAS FÁCILMENTE PEROXIDABLES

- Compuestos alílicos
- Compuestos diénicos
- Compuestos isopropílicos
- Compuestos vinilacetilénicos
- Compuestos vinílicos
- Cumeno, estireno, tetrahidronaftalenos
- Éteres
- Haloalquenos
- N-alquilamidas, ureas, lactamas

Figura 3.

### **Reacciones de polimerización**

Algunos monómeros pueden polymerizarse rápidamente provocando una explosión o rotura de los frascos: acetato de vinilo, acroleína, acrilonitrilo, 1,3-butadieno, óxido de etileno, estireno, etc. La polymerización puede tener lugar por calentamiento, exposición a la luz, impurezas ácidas o metálicas, choques, etc. El almacenamiento de monómeros debe realizarse en pequeñas cantidades, conteniendo estabilizadores o inhibidores de polymerización y lejos de productos susceptibles de liberar trazas de ácidos y bases.

### **Reacciones de descomposición**

El almacenamiento prolongado de productos inestables entraña la posibilidad de su descomposición que, en ciertas circunstancias, como choque, calentamiento o desplazamiento simple, puede generar una explosión. Los amiduros alcalinos y ciertas sales de diazonio se pueden incluir dentro de este grupo de productos. El cloruro de aluminio, por otra parte, acumula el ácido formado por descomposición a causa de la humedad absorbida a lo largo del tiempo. Cuando se abre el recipiente, puede ocurrir la rotura del mismo y la proyección de su contenido.

LA FORMACIÓN DE PERÓXIDOS Y LA POLIMERIZACIÓN SON EL ORIGEN DE LA INESTABILIDAD UNA GRAN PARTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS

La apertura de un recipiente que ha permanecido largo tiempo cerrado sin usarse es una operación que debe realizarse con precauciones, especialmente la apertura de frascos esmerilados cuyo tapón haya quedado trabado. Los productos líquidos inestables en pequeñas cantidades es recomendable guardarlos en ampollas selladas.

### **Compuestos que reaccionan violentamente con el aire**

Se trata de sustancias cuyo mero contacto con el oxígeno del aire genera o puede generar al cabo del tiempo su inflamación espontánea. En algunos casos puede influir también el nivel de la humedad del aire (ver la figura 4).

#### **COMPUESTOS QUE REACCIONAN VIOLENTAMENTE CON EL AIRE O EL OXÍGENO (INFLAMACIÓN ESPONTÁNEA)**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alquilmetales y metaloides</li> <li>• Arsinas</li> <li>• Boranos</li> <li>• Fosfinas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fósforo blanco</li> <li>• Fosfuros</li> <li>• Hidruros</li> <li>• Metales carbonilados</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales finamente divididos</li> <li>• Nitruros alcalinos</li> <li>• Silenos</li> <li>• Siliciuros</li> </ul> |
|--|--|--|

Figura 4.

## REACCIONES QUÍMICAS PELIGROSAS

Se comentan, a continuación, casos específicos en los que se conoce previamente que la reacción que se va a llevar a cabo entraña riesgos por ser fuertemente exotérmica, desprender gases tóxicos o inflamables o generar productos que arden espontáneamente, así como la problemática de las reacciones exotérmicas en general.

El primer caso a señalar es el de aquellas substancias de elevada afinidad cuya mezcla provoca reacciones violentas y que, en consecuencia, se clasifican como incompatibles. Este aspecto es especialmente importante considerarlo en su almacenamiento, que se ha de realizar separadamente. Son ejemplos de materias incompatibles (ver la figura 5) los siguientes:

- *Oxidantes* con: materias inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales, aluminio, magnesio y circonio en polvo.
- *Reductores* con: nitratos, halogenatos, óxidos, peróxidos, flúor.
- *Ácidos fuertes* con: bases fuertes.
- *Ácido sulfúrico* con: azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos, sulfocianuros.

### Incompatibilidad

LA CONSIDERACIÓN DE LAS INCOMPATIBILIDADES ES FUNDAMENTAL EN EL ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

Dada la casi permanente presencia del agua en la mayor parte de actividades es especialmente importante conocer las sustancias que reaccionan violentamente con ella. También debe considerarse especialmente este aspecto en la lucha contra el fuego originado por productos químicos (ver la figura 6).

### Reacción violenta con el agua

La adición de un ácido para llevar a cabo una reacción, a efectos de reducir el pH de un medio o simplemente para limpieza, debe realizarse conociendo previamente si existe incompatibilidad entre los componentes del medio y el ácido adicionado (ver la figura 7).

### Reacciones peligrosas con los ácidos

Como ya se ha comentado, en la práctica de la actividad química las reacciones que, en general, ofrecen situaciones de mayor riesgo son las de carácter exotérmico, es decir, aquéllas en las que tiene lugar un desprendimiento de calor que debe eliminarse mediante el correspondiente proceso de refrigeración.

### Reacciones exotérmicas

<b>RELACIÓN DE SUBSTANCIAS QUÍMICAS Y SUS CORRESPONDIENTES INCOMPATIBILIDADES</b>	
<b>Substancia química</b>	<b>Incompatibilidades</b>
Acetileno	Cloro, bromo, cobre, flúor, plata y mercurio.
Acetona	Ácido nítrico concentrado y mezclas con ácido sulfúrico.
Ácido acético	Ácido crómico, ácido nítrico, compuestos hidroxilo, etilenglicol, ácido perclórico, peróxidos y permanganatos.
Ácido cianhídrico	Ácido nítrico y álcalis.
Ácido crómico y cromo	Ácido acético, naftaleno, alcanfor, glicerina, alcoholes y líquidos inflamables en general.
Ácido fluorhídrico anhídrido	Amoníaco, acuso o anhídrido.
Ácido nítrico concentrado	Ácido acético, anilina, ácido crómico, ácido hidrociánico, sulfuro de hidrógeno, líquidos y gases inflamables, cobre, latón y algunos metales pesados.
Ácido oxálico	Plata y mercurio.
Ácido perclórico	Anhídrido acético, bismuto y sus aleaciones, alcohol, papel, madera, grasas y aceites.
Ácido sulfúrico	Clorato potásico, perclorato potásico, permanganato potásico (compuestos similares de metales ligeros, como sodio y litio).
Amoníaco anhídrido	Mercurio (por ejemplo en manómetros), cloro, hipoclorito cálcico, yodo, bromo, ácido fluorhídrico anhídrido.
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno.
Azidas	Ácidos.
Bromo	Véase cloro.
Carbon activado	Hipoclorito cálcico y todos los agentes oxidantes.
Cianuros	Ácidos.
Clorato potásico	Ácido sulfúrico y otros ácidos.
Cloratos	Sales de amonio, ácidos, metales en polvo, azufre, materiales combustibles u orgánicos finamente divididos.
Cloro	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano, y otros gases del petróleo, hidrógeno, carburo sódico, benceno, metales finamente divididos y aguarrás.
Cobre	Acetileno y peróxido de hidrógeno.
Dióxido de cloro	Amoníaco, metano, fósforo y sulfuro de hidrógeno.
Fósforo (blanco)	Aire, oxígeno, álcalis y agentes reductores.
Flúor	Todas las otras substancias químicas.
Hidrocarburos	Flúor, cloro, bromo, ácido crómico, peróxido sódico.
Hidroperóxido de cumeno	Ácidos orgánicos e inorgánicos.

continúa en la página siguiente

<b>Substancia química</b>	<b>Incompatibilidades</b>
Hipocloritos	Ácidos, carbón activado.
Líquidos inflamables	Nitrato amónico, ácido crómico, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, peróxido sódico, halógenos.
Materiales de arsénico	Algunos agentes reductores.
Mercurio	Acetileno, ácido fulmínico y amoníaco.
Metales alcalinos y alcalinotérreos	Agua, tetracloruro de carbono, hidrocarburos clorados, dióxido de carbono y halógenos.
Nitrato amónico	Ácidos, polvo de metales, líquidos inflamables, compuestos de cloro, nitritos, azufre, materiales orgánicos combustibles finamente divididos.
Nitratos	Ácido sulfúrico.
Nitrito sódico	Nitrato amónico y otras sales de amonio.
Nitritos	Ácidos.
Nitroparafinas	Bases inorgánicas y aminas.
Óxido cálcico	Agua.
Oxígeno	Aceites, grasas e hidrógeno; líquidos, sólidos o gases inflamables.
Perclorato potásico	Ácido sulfúrico y otros ácidos. Ver también cloratos.
Permanganato potásico	Glicerina, etilenglicol, benzaldehído, ácido sulfúrico.
Peróxido de hidrógeno	Cobre, cromo, hierro, la mayoría de los metales o sus sales, alcoholes, acetona, materiales orgánicos, anilina, nitrometano y materiales combustibles.
Peróxido sódico	Alcohol etílico y metílico, ácido acético glacial, anhídridoacético, benzaldehído, disulfuro de carbono, glicerina, etilenglicol, acetato de etilo y de metilo, furfural.
Peróxidos orgánicos	Ácidos orgánicos e inorgánicos.
Plata	Acetileno, ácido oxálico, ácido tartárico, compuestos amónicos, ácido fulmínico.
Potasio	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono y agua.
Seleniuros	Agentes reductores.
Sodio	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono, agua.
Sulfuro de hidrógeno	Ácido nítrico fumante y gases oxidantes.
Sulfurosos	Ácidos.
Teliuros	Agentes reductores.
Tetracloruro de carbono	Sodio.
Yodo	Acetileno, amoníaco (acuoso o anhidro), hidrógeno.

Figura 5.

**COMPUESTOS QUE REACCIONAN FUERTEMENTE CON EL AGUA**

- Ácidos fuertes anhidros
- Alquilmetales y metaloides
- Amiduros
- Anhídridos
- Carburos
- Flúor
- Fosfuros
- Halogenuros de ácido
- Halogenuros de acilo
- Halogenuros inorgánicos anhídridos (excepto alcalinos)
- Hidróxidos alcalinos
- Hidruros
- Imiduros
- Metales alcalinos
- Óxidos alcalinos
- Peróxidos inorgánicos
- Siliciuros

Figura 6.

**REACCIONES PELIGROSAS DE LOS ÁCIDOS**

Reactivos	Reactivos	Se desprende
Ácido clorhídrico	Sulfuros	Sulfuro de hidrógeno
	Hipocloritos	Cloro
	Cianuros	Cianuro de hidrógeno
Ácido nítrico	Algunos metales	Dióxido de nitrógeno
Ácido sulfúrico	Ácido fórmico	Monóxido de carbono
	Ácido oxálico	Monóxido de carbono
	Alcohol etílico	Etano
	Bromuro sódico	Bromo y dióxido de azufre
	Cianuro sódico	Monóxido de carbono
	Sulfocianuro sódico	Sulfuro de carbonilo
	Yoduro de hidrógeno	Sulfuro de hidrógeno
	Algunos metales	Dióxido de azufre

Figura 7.

Si en un sistema de reacción la velocidad de generación de calor es superior a la velocidad a la que éste se elimina, la temperatura de la masa de reacción empieza a aumentar considerablemente. Debido a este aumento de la temperatura, la velocidad de la reacción se acelera y con ella la velocidad de desprendimiento de calor, conduciendo a un posible descontrol térmico. Esta pérdida de control ocurre porque la velocidad de autocalentamiento de una reacción (y la energía térmica producida) aumenta exponencialmente con la temperatura según la Ley de Arrhenius, ya mencionada al hablar de los factores fisicoquímicos que afectan a las reacciones químicas, mientras que la disipación de calor aumenta sólo como una función lineal de la temperatura.

También debe tenerse en cuenta que la pérdida de control de una reacción puede tener lugar no únicamente en el reactor químico durante un proceso productivo, sino también en otras unidades como columnas de destilación, durante la purificación, en tuberías o en depósitos de almacenamiento, y que las causas pueden ser varias: una pérdida de la capacidad refrigerante del sistema (provocada por la pérdida de fluido refrigerante, por disminución del área de intercambio, por disminución del coeficiente de intercambio de calor, por una temperatura de refrigeración demasiado alta o por pérdida de la agitación), alteracio-

nes en la materia prima utilizada como reactivo (en su concentración, en las características del flujo de adición, por presencia de impurezas, etc.), o incluso por causas externas (fuego, etc.).

Para valorar la probabilidad de pérdida de control de una reacción exotérmica hay que tener en cuenta como factores básicos:

- La temperatura inicial, que puede ser la de operación, la siguiente a otro tipo de operación, la siguiente a otro tipo de incidente o la del medio que se utiliza como calefacción.
- El potencial energético del sistema, es decir, la cantidad de calor que liberarían las reacciones químicas que se consideran posibles.
- Otras fuentes de calor que puedan generarse.
- La cinética de la reacción, que determina la velocidad de liberación del potencial energético del sistema. Es necesario conocer la liberación de calor en función de la temperatura y de la conversión.
- La capacidad de eliminación de calor del sistema, bien sea por intercambio de calor con el exterior o por ebullición de la mezcla de reacción.

Generalmente resulta difícil predecir con exactitud el comportamiento de un sistema. Por este motivo, se realizan pruebas experimentales mediante calorímetros que permiten conocer la variación de la actividad exotérmica con la temperatura en condiciones aproximadamente adiabáticas (DTA, *differential thermal analysis*; DSC, *differential scanning calorimetry*; ARC, *adiabatic reaction calorimetry*; o el SEDEX, *sensitive detector of exothermic process*, entre otros). Aparte de tales ensayos, en muchas ocasiones es preciso recurrir a pruebas piloto antes de trabajar a escala industrial; no basta con determinar las características de la reacción a escala de laboratorio, es necesario también obtener una caracterización de la reacción y de características del escalado que permitan desarrollar un diseño seguro. El objetivo principal de estos estudios es determinar el límite de temperatura por debajo de la cual se puede tener una condición segura de trabajo.

Para una reacción de orden cero (aquella en la que la concentración de reactivos permanece constante y la velocidad de la reacción es, por tanto, independiente de la concentración de los reactivos) en un sistema bien agitado y refrigerado, es decir, con una temperatura uniforme, se obtiene la llamada "gráfica de Semenov" (ver la figura 8). En ella está representada la variación del calor,  $dQ/dt$ , frente a la temperatura, T. La curva representa la velocidad de generación de calor de una reacción

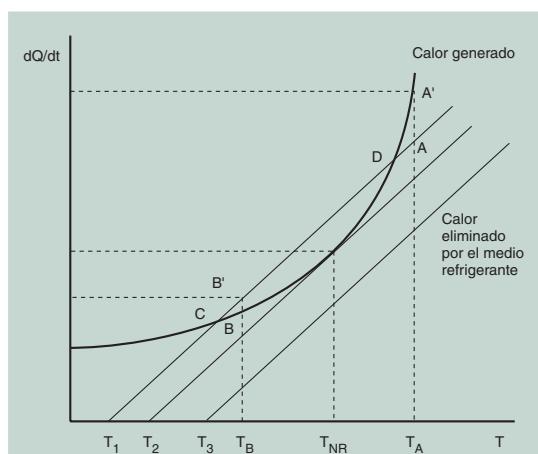


Figura 8. Gráfica de Semenov. Variación del calor generado en una reacción exotérmica según la temperatura

lor y la línea de eliminación de calor (puntos C y D). En el punto C ocurre una operación estable. A una temperatura de reacción más baja que la del punto C, se producirá el propio calentamiento hasta alcanzar el punto C, porque la velocidad de generación de calor excede a la velocidad de dissipación. A la temperatura  $T_B$ , la velocidad de eliminación de calor es superior a la velocidad de generación de calor, así que la temperatura de reacción descenderá hasta alcanzar el punto C. Aunque el punto D es un punto de equilibrio térmico, no es posible una operación estable aquí; una temperatura ligeramente menor que la del punto D ocasionará una disminución de la temperatura del reactor hasta el punto C, mientras que una temperatura ligeramente superior provocará una reacción descontrolada. La importancia del punto D es que la temperatura del reactor aquí es la temperatura crítica por encima de la cual un descontrol de la reacción es irreversible. A la temperatura  $T_A$ , por ejemplo, la velocidad de generación de calor excede a la velocidad de eliminación de calor y la reacción evolucionará a una situación descontrolada.

Para la temperatura  $T_2$  del medio ambiente o del refrigerante tenemos un punto de tangencia con la curva que representa un punto metaestable, lo cual significa que una pequeña perturbación hará que la reacción se descontrolle. Así pues,  $T_2$  será la temperatura máxima ambiente (condición límite) a la cual el reactivo A puede encontrarse (por ejemplo, almacenado) sin que se produzca una reacción incontrolada. Y, la temperatura  $T_{NR}$  del reactivo es la temperatura a la que se experimenta la pérdida de control (temperatura sin retorno). A una temperatura  $T_3$  del medio, la velocidad de eliminación de calor es siempre insuficiente.

exotérmica. Esta curva varía exponencialmente debido al término  $\exp(-E_a/RT)$  ya comentado de la Ley de Arrhenius.

La línea recta representa la capacidad de disipar el calor por parte del medio exterior. La velocidad de eliminación de calor, que es proporcional a la diferencia entre la temperatura del reactor y la del refrigerante, es una función lineal de la temperatura y por ello aparece como una línea recta. La intersección de esta línea recta con el eje X es la temperatura del medio refrigerante. Así, para los diversos valores de la temperatura del medio ( $T_1, T_2, T_3$ ), obtendremos diferentes líneas rectas.

El equilibrio térmico ocurre en la intersección de la curva de generación de ca-

## REACCIONES DE CORROSIÓN

La corrosión es una reacción química por la que un metal se transforma en un derivado más estable desde el punto de vista termodinámico (óxido, sal) por contacto con el agua, el aire o el suelo, o se transforma por reacción directa con un producto químico.

### Conceptos básicos

En el caso de la corrosión por contacto con agua, aire o suelo, el resultado de la misma puede llevar a daños en la instalación (oxidación, formación de sales). Si la reacción de corrosión es externa, causada por ejemplo por hallarse la instalación a la intemperie, a la larga puede afectar a soportes y fijaciones y consecuentemente a la seguridad estructural de la misma. Si la corrosión afecta directamente a los equipos (reactores, tuberías, depósitos), además de los daños estructurales, puede también penetrar hasta el interior entrando en contacto los productos manipulados, almacenados o transportados en el proceso. Algunos grandes accidentes se asocian a un gran aumento en la velocidad de una reacción exotérmica por el efecto catalizador de pequeñas cantidades de óxidos u otros derivados metálicos que han penetrado en el interior a partir de la corrosión exterior.

Por lo que se refiere a la corrosión por la acción directa de un producto químico, aunque la capacidad de éste para actuar como tal estará explicitada en sus características de peligrosidad, la reacción de corrosión puede ser causada por sustancias no clasificadas (ni clasificables) como tales desde el punto de vista formal. Ello implica que cuando se diseñe una estructura, reactor, tuberías o depósitos, debe contemplarse la posibilidad de que el producto a manipular dañe la superficie con la que vaya a estar en contacto.

También se presenta el fenómeno de la corrosión en casos en los que ha habido una deformación en una superficie metálica que, por tensiones internas, genera también corrosión en una superficie que, en principio, estaba protegida frente a ella. Las consecuencias de la misma pueden ser del mismo tipo que las citadas anteriormente.

Finalmente, cabe comentar la existencia de fenómenos equivalentes en materiales no metálicos, como en los poliméricos, en cuyo caso no se definen como corrosión, sino como degradación o envejecimiento. En este caso, el continente pierde sus características mecánicas, provocando una fuga del producto contenido. Otra situación que se puede plantear en estos casos es también que tenga lugar una permeación del producto a través del continente, normalmente acompañado de una degrada-

ción, con pérdidas del mismo y la consiguiente contaminación ambiental, posibilidad de corrosión de materiales cercanos o incendio o explosión.

### Tipos de corrosión

Se consideran, de un modo general, los siguientes tipos de corrosión:

- Corrosión uniforme: En este caso la *corrosión química* o electroquímica actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal.
- Corrosión galvánica: Ocurre cuando *metales* diferentes se encuentran en contacto (par galvánico). Si estos *metales* poseen potenciales eléctricos diferentes (ver un ejemplo en la figura 9), cuanto más diferentes sean, más rápida será la reacción de corrosión.
- Corrosión por picaduras: Su origen se halla en corrosiones puntuales normalmente por salpicaduras de agentes químicos.
- Corrosión intergranular: Es la que se encuentra localizada en los límites de grano, lo que origina pérdidas en la *resistencia* y se desintegran los bordes de los granos. En el caso del acero inoxidable, suele presentarse en zonas con soldaduras en las que por efecto de la temperatura se han generado zonas con menos presencia de cromo.
- Corrosión por esfuerzo: Se refiere a la causada por las tensiones internas en el metal, después de una deformación en frío.
- Biocorrosión: No es de tipo químico y tiene lugar en instalaciones permanentemente en contacto con agua en las que se forma una biocapa de sulfobacterias que producen sulfuro de hidrógeno que actúa como agente de corrosión de las partes metálicas.

#### SERIE GALVÁNICA PARA AGUA CON SAL

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnesio, aleaciones de magnesio</li> <li>• Zinc, aleaciones de aluminio</li> <li>• Acero galvanizado (acero recubierto de zinc)</li> <li>• Hierro de fundición</li> <li>• Acero</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plomo</li> <li>• Estaño</li> <li>• Cobre</li> <li>• Latón (cobre + zinc)</li> <li>• Bronce (cobre + estaño)</li> <li>• Plata</li> <li>• Oro</li> <li>• Platino</li> </ul> |
|--|--|

Figura 9.

### Acciones preventivas

Por lo que se refiere a la corrosión química, ya se ha indicado que la acción más eficaz es ensayar a priori la existencia o no de reacción de corrosión sobre el material. En caso de que se compruebe este efecto o existan razones para creer que puede ser posible, la acción más eficaz es el recubrimiento de la superficie metálica con un producto aislante que proteja la superficie y sea inerte frente el producto químico a utilizar. Puede tratarse meramente de una pintura aislante. También la utilización de reactores con la superficie interna inactivada (vidriados) es una política habitual en las industrias de proceso de química fina.

La corrosión causada por el contacto con aire, agua o el suelo también se puede evitar mediante la aplicación de pinturas o recubrimientos aislantes efectivos. Suele ser habitual, sin embargo, la protección galvánica, consistente en recubrir la superficie a proteger con un producto contenido un metal más activo en la serie galvánica (ver la figura 9). Por ejemplo, para proteger al acero de la corrosión es habitual recubrirlo con zinc.



# Efectos de los productos químicos sobre la salud

4

## INTRODUCCIÓN

Los productos químicos pueden ejercer una acción adversa sobre el organismo humano, alterando su salud, como consecuencia de la exposición a estos agentes. Se entiende por “exposición a un agente químico” el contacto y la interacción de una sustancia química con el cuerpo humano, cualquiera que sea la forma o circunstancia en que dicho contacto se produzca. El mecanismo de esta acción es de tipo bioquímico y se desarrolla mediante el contacto directo entre las moléculas de las sustancias químicas y el cuerpo de los individuos.

Si la exposición es consecuencia de la actividad laboral se habla de “exposición laboral” y, por extensión, de los riesgos para la salud que pueden derivarse de la misma. La exposición a agentes químicos en el trabajo se debe a la presencia de productos químicos en el lugar de trabajo, lo que implica el contacto de éstos con el trabajador, normalmente, por inhalación o por vía dérmica. El contacto de los agentes químicos con el trabajador por las vías citadas viene forzado en la mayoría de ocasiones por la contaminación del aire de los lugares de trabajo por los productos químicos utilizados u originados en la actividad laboral.

Para caracterizar una exposición es preciso concretar una serie de variables, como el tiempo o duración de la exposición, la identidad y condiciones físicas de la sustancia química, la cantidad o concentración de esta sustancia y la vía por la que se ha producido la exposición, principalmente. Los efectos sobre la salud de una exposición dependen de las características de la misma. De aquí la importancia de caracterizar completamente las exposiciones cuando interese relacionarlas con sus efectos.

Conviene destacar dos características de las exposiciones por

LOS EFECTOS DE UN CONTAMINANTE  
EN EL ORGANISMO DEPENDEN  
DEL CONTAMINANTE, DEL INDIVIDUO  
Y DE LAS CONDICIONES DE LA EXPOSICIÓN

tratarse de dos variables cuantitativas: el tiempo de exposición y la cantidad o concentración de la sustancia. No obstante, la duración o tiempo de exposición es una característica especialmente importante y permite distinguir entre exposiciones agudas, de corta duración (minutos), y exposiciones crónicas, de más duración (horas, días,...), o entre exposiciones únicas y exposiciones repetidas.

El presente capítulo está destinado al estudio de las características y efectos de la exposición a productos químicos, que se citan como contaminantes o tóxicos. El organismo humano es un sistema muy complejo de interacciones con su entorno, de forma que el efecto final de la exposición a un agente químico no es sólo una consecuencia de las propiedades intrínsecas del agente en cuestión y de las características de la exposición, sino que también el comportamiento del propio organismo y los factores ambientales influyen en el resultado.

## FACTORES QUE CONDICIONAN LA RESPUESTA DEL ORGANISMO

Al considerar los efectos que pueden ocasionar las sustancias químicas en el organismo es útil agrupar todos los factores en los cuatro grupos que se indican en la figura 1.

Como hipótesis de trabajo se asume que la respuesta del organismo está relacionada con la concentración de la sustancia en el órgano diana (dosis activa), siendo dicha concentración a su vez función de la concentración en el ambiente (dosis disponible).

### Propiedades fisicoquímicas de la sustancia

La capacidad de los mecanismos de defensa del organismo para impedir o dificultar el ingreso de las sustancias está relacionada con las propiedades fisicoquímicas de éstas. Por ejemplo, las sustancias solubles en las grasas (liposolubles) atraviesan con más facilidad las barreras del organismo, cuyo contenido en grasas es alto; las sustancias con una reactividad química elevada tendrán mayor capacidad de ocasionar daños en el organismo que las sustancias más inertes; los contaminantes en fase gaseosa llegan fácilmente a los alvéolos pulmonares, así como las partículas de tamaño submicrónico, mientras que las partículas de tamaño grueso quedan retenidas en las vías respiratorias superiores.

Como veremos después, la contaminación del aire con sustancias químicas es el origen más frecuente de las exposiciones

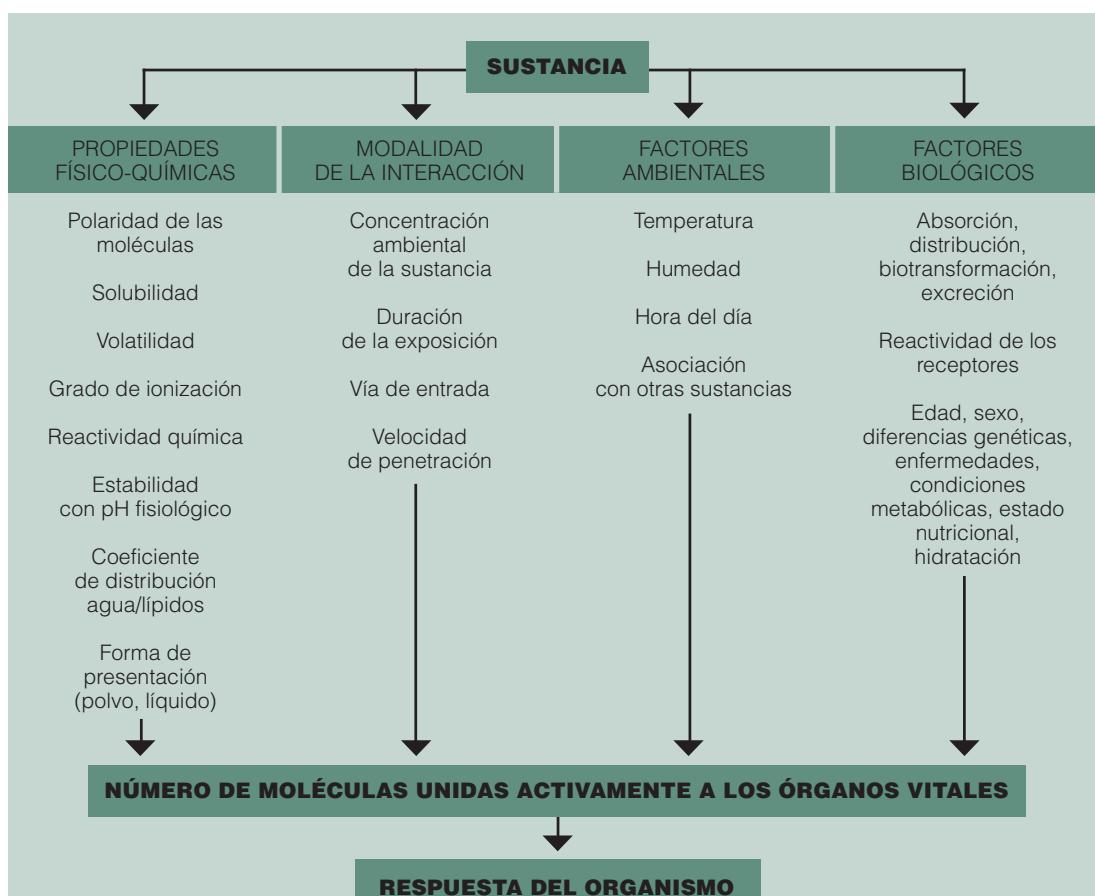


Figura 1. Factores que condicionan la respuesta del organismo

laborales a agentes químicos. La forma que adopta esta contaminación tiene nombres específicos para identificarla, se habla de gases o vapores cuando la sustancia está presente en el aire en fase gaseosa, mientras que, si el contaminante está suspendido en el aire en forma de partículas sólidas o líquidas, se habla de un aerosol. La distinción entre gas y vapor obedece a un criterio termodinámico y su incidencia toxicológica es irrelevante, en ambos casos el contaminante se presenta en forma de moléculas aisladas, mezcladas con las moléculas de aire, que se comportan siguiendo las leyes físicas aplicables a cualquier gas.

Los aerosoles admiten una subclasiﬁcación (figura 2). Se dice que un contaminante está en forma de polvo cuando se trata de partículas sólidas originadas en un proceso de disgrega-

FORMA DE PRESENTACIÓN DE LOS CONTAMINANTES					
MOLÉCULAS		AEROSOLES			
		SÓLIDO		LÍQUIDO	
GAS	VAPOR	POLVO	HUMO	FIBRAS	NIEBLAS
Figura 2.					

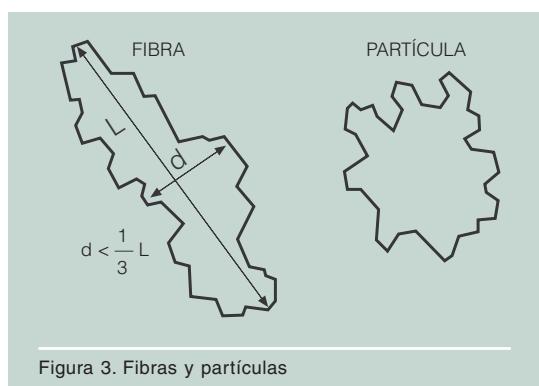


Figura 3. Fibras y partículas

gación mecánica a partir de partículas de mayor tamaño (polvo de aserrado, de pulido, etc.), mientras que, si las partículas sólidas se generan por condensación de los vapores formados en un proceso térmico, se habla de humo (humos de combustión, de soldadura, del tabaco, etc.). En general las partículas de polvo son de mayor tamaño que las de humo. Cuando las partículas del aerosol están formadas por pequeñas gotas de un líquido, se habla de nieblas, independientemente de su proceso de generación. Un caso particular de aerosol sólido lo constituyen las fibras, que es un aerosol de partículas sólidas en las que la relación del tamaño mayor de la partícula al tamaño menor es superior a 3 (figura 3).

En algunas ocasiones sólo tiene interés toxicológico la fracción del aerosol de polvo que debido a su pequeño tamaño puede llegar hasta los alveolos pulmonares, en cuyo caso se habla de la fracción de polvo respirable.

### Modalidad de la interacción

Son muchas las variables que entran en juego cuando se considera la interacción de la sustancia con el organismo. Las más evidentes son la cantidad de sustancia presente en el ambiente (la concentración ambiental) y el tiempo de exposición. A mayor concentración ambiental o mayor tiempo de exposición, mayor efecto, y, por tanto, en primera aproximación, el efecto es proporcional al producto de la concentración ambiental por el tiempo de exposición. Este producto indica el valor cuantitativo de la exposición y es proporcional a la dosis externa.

La frecuencia de las exposiciones puede condicionar, a igualdad de dosis, el efecto, desde “ningún efecto” hasta la muerte.

Una dosis única de una sustancia puede producir efectos muy graves que pueden no producirse si la misma dosis se administra fraccionada a lo largo de varios días.

LA DOSIS EXTERNA ES EL PARÁMETRO MÁS SIGNIFICATIVO DE UNA EXPOSICIÓN

o semanas. En general el fraccionamiento de la dosis reduce el efecto debido a los mecanismos de detoxificación y de excreción de la sustancia, así como de los mecanismos de reparación del organismo que, si tienen tiempo para actuar, pueden evitar concentraciones elevadas en el órgano diana.

Otros aspectos a considerar son la vía de entrada del tóxico y su velocidad de penetración. Los tóxicos pueden entrar en el organismo por vía respiratoria, vía cutánea, vía digestiva y vía parenteral (que agrupa diferentes vías intraorgánicas como la endovenosa, la subcutánea, la intradérmica y la intramuscular).

El orden de mayor a menor efectividad es: vía intravenosa (parenteral), vía respiratoria, vía digestiva y vía cutánea, entendiendo por "efectividad" la intensidad y la rapidez de aparición del efecto. Por ejemplo: la sustancia que penetra por vía digestiva, antes de ser distribuida por todo el organismo, pasa por el estómago, que es un "reactor" a pH muy bajo, y por el hígado, donde puede ser "desactivada". Esto no ocurre en la vía respiratoria, ya que la sustancia es distribuida por el torrente sanguíneo a todo el organismo, sin ser sometida a estos mecanismos de detoxificación.

Uno de los elementos diferenciales, y dificultad añadida, de la toxicología industrial con respecto a la toxicología clínica es la influencia de las condiciones ambientales sobre el binomio sustancia química - organismo.

La temperatura y humedad ambiental pueden condicionar la absorción de algunos tóxicos por vía dérmica. De igual manera, la hora del día influye en cuanto a la efectividad de los mecanismos de detoxificación y excreción del individuo, habiéndose demostrado una lentitud en dichos mecanismos por la noche; la consecuencia lógica de este hecho es una mayor permanencia del producto en el organismo y un aumento de la probabilidad de lesión.

Finalmente, la presencia de varios agentes químicos puede dar lugar a interferencias que dan como resultado una modificación de los efectos y que responden a mecanismos de tipo químico (reacción entre ambos), fisicoquímico (aumento del tiempo de permanencia en el aparato respiratorio de un gas debido a su adsorción en un polvo inerte presente también en

EN GENERAL UN FRACCIONAMIENTO DE LA DOSIS (MENOS CANTIDAD DURANTE MÁS TIEMPO) LIMITA EL EFECTO TÓXICO DE LAS SUSTANCIAS

#### Factores ambientales

##### EFFECTO DE LAS EXPOSICIONES COMBINADAS

Si: A B es el efecto de la exposición a las sustancias A y B

A es el efecto producido por la sustancia A

B es el efecto producido por la sustancia B

Se dice que hay: SI

**ADITIVIDAD:**  $A B = A + B$

**SINERGIA:**  $A B > A + B$

**ANTAGONISMO:**  $A B < A + B$

Figura 4.

**LOS EFECTOS DE LA MULTIEXPOSICIÓN SON DIFÍCILMENTE PREVISIBLES**

el ambiente) o biológico (por mecanismos de inducción o inhibición enzimática) (figura 4).

**Factores biológicos**

Entre los factores biológicos que tienen importancia en la acción de las sustancias en el organismo cabe citar: el metabolismo de la sustancia en cuestión (procesos de absorción, distribución, biotransformación y excreción), la respuesta particular de los individuos y variables como edad, sexo, presencia de alteraciones genéticas, enfermedades intercurrentes, factores de modificación del metabolismo (tabaquismo), estado nutricional y grado de hidratación.

La respuesta individual se refiere tanto a la susceptibilidad de algunas personas, que determina una respuesta cualitativamente igual que en otros individuos pero de intensidad distinta, como a la tolerancia a una sustancia, que no es más que una reactividad disminuida por exposiciones anteriores a la misma sustancia o a sustancias estructuralmente similares.

**RUTA DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS EN EL ORGANISMO**

La interacción de los contaminantes químicos con el organismo puede describirse a partir de la sucesión de los procesos de absorción, distribución, biotransformación o metabolización y excreción. Tanto el depósito en el interior del organismo como los efectos genéticos son otras fases posibles, aunque no siempre se producen (figura 5).

**Vías de entrada y absorción**

Los tóxicos pueden hallarse en el aire, en la ropa de trabajo, sobre la piel, en los alimentos que consumimos, etc. Las vías de entrada ya se han citado al hablar de la modalidad de la interacción; en este apartado trataremos, por su importancia práctica, la vía respiratoria, la cutánea y la digestiva. La vía parenteral (heridas, pinchazos) es accesoria ya que no es frecuente que se den exposiciones crónicas por esta vía.

**LAS VÍAS DE ENTRADA FUNDAMENTALES DE LOS CONTAMINANTES EN EL ORGANISMO SON:**  
**RESPIRATORIA, DÉRMICA Y DIGESTIVA**

La vía respiratoria es la más frecuente e importante en el entorno laboral. Los tóxicos que penetran por ella pueden estar en forma de gas, vapor o aerosol. La penetración se inicia por las fosas nasales y por la boca, prosigue por la laringe y los bron-

quios (vías respiratorias ciliadas), profundiza por las vías respiratorias no ciliadas y alcanza, finalmente, los alveolos (figura 6).

La absorción se produce en lo más profundo del aparato respiratorio que son los alveolos pulmonares. El que una molécula llegue hasta el final del recorrido dependerá de varios factores, como la frecuencia y profundidad de los movimientos respiratorios, pero principalmente de la forma de presentación de la sustancia; si es gas o vapor lo hará sin dificultad, si se trata de un aerosol dependerá del tamaño de la partícula (figura 7).

En función del grado de penetración a través de la vía respiratoria se definen las siguientes fracciones de un aerosol:

- *Aerosol total*: todas las partículas en suspensión que se encuentran en un volumen dado de aire.
- *Fracción inhalable*: la fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca.
- *Fracción torácica*: la fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.
- *Fracción respirable*: la fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

La Norma UNE EN 481 sobre “Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles” establece convenios para definir estas fracciones que se resumen en la figura 8.

La importancia de esta ruta de entrada está determinada por la gran superficie de contacto disponible para la absorción del tóxico en la región alveolar ( $100 \text{ m}^2$ ), por la delgadez de la membrana que separa el aire de la sangre en los alveolos y por la ausencia, en primera instancia, del filtro hepático antes de que los contaminantes incorporados a la sangre por esta vía alcancen otras partes del organismo.

La segunda vía en importancia, en cuanto a la absorción de tóxicos en el medio laboral, es la dérmica. Afortunadamente la piel no es demasiado permeable y constituye una barrera eficaz al paso de los tóxicos, siendo la capa córnea, es decir, la capa

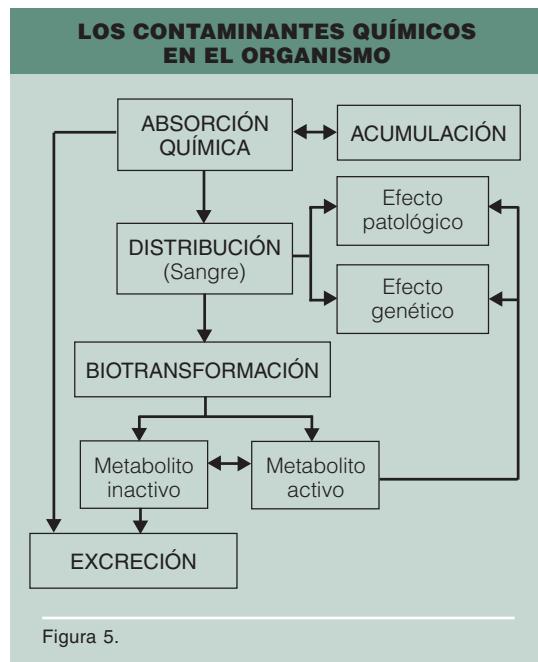


Figura 5.

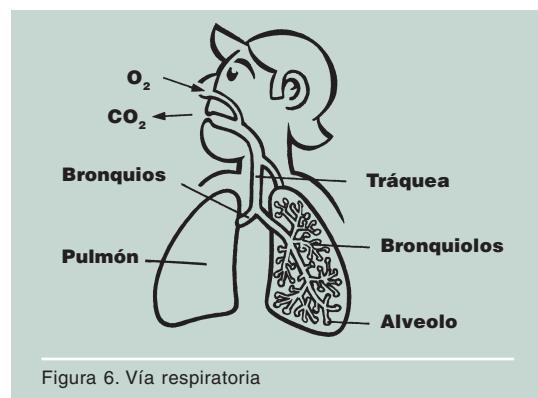


Figura 6. Vía respiratoria

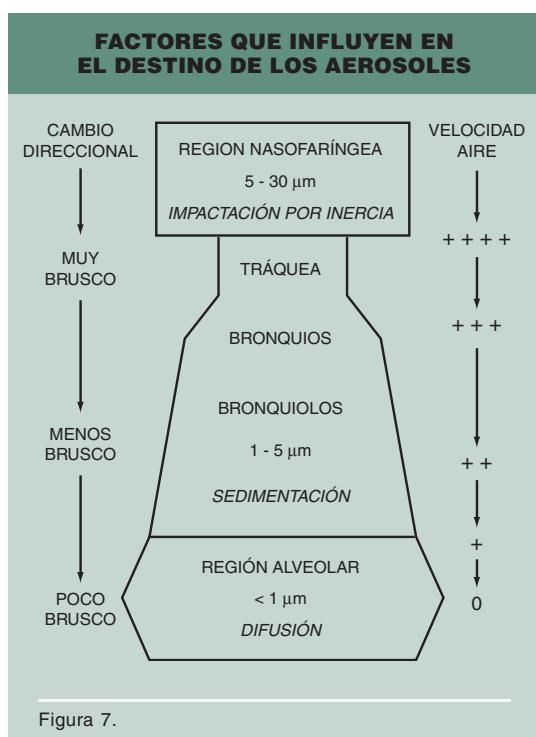


Figura 7.

MUCHOS CONTAMINANTES PUEDEN ATRAVESAR LA PIEL Y LLEGAR HASTA EL TORRENTE SANGUÍNEO. LA VÍA DÉRMICA ES UNA VÍA DE ENTRADA FRECUENTE EN EL ENTORNO LABORAL

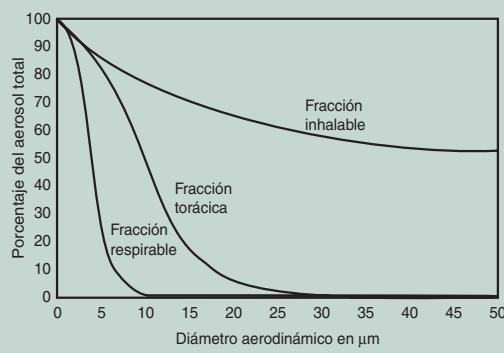


Figura 8. Convenios para las fracciones inhalable, torácica y respirable como porcentaje del aerosol total

más superficial de la piel, la clave de la poca penetrabilidad cutánea. La piel puede de ser atravesada por los espacios existentes entre las células, a través de ellas o por los anejos cutáneos (vía folículo piloso o glándulas sebácea o sudorípara) (figura 9).

Las sustancias solubles en grasa presentan una facilidad de penetración mayor que las solubles en agua, siendo las solubles en ambos medios las de mayor absorción. Los factores que influyen en la absorción cutánea son los propios de la piel (humedad, grosor, vascularización, integridad del estrato córneo) y los inherentes al agente químico (concentración, forma de presentación, pH y liposolubilidad).

La importancia de la vía dérmica en cada caso concreto se ha de decidir teniendo en cuenta las otras posibles vías de absorción. Por ejemplo: tanto el tricloroetileno como el tolueno se absorben por vía dérmica, pero la vía preponderante en la mayoría de los puestos de trabajo es la respiratoria dada la volatilidad de ambos productos; sin embargo, la bencidina, que es poco volátil, tiene en la vía dérmica su principal ruta de absorción.

La penetración de las sustancias a través del aparato digestivo se produce, en la mayoría de los casos, como consecuencia

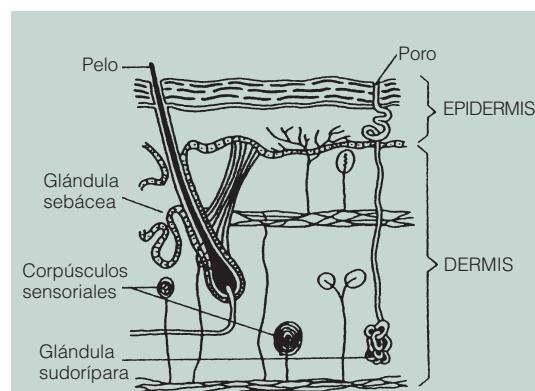


Figura 9. Vía dérmica

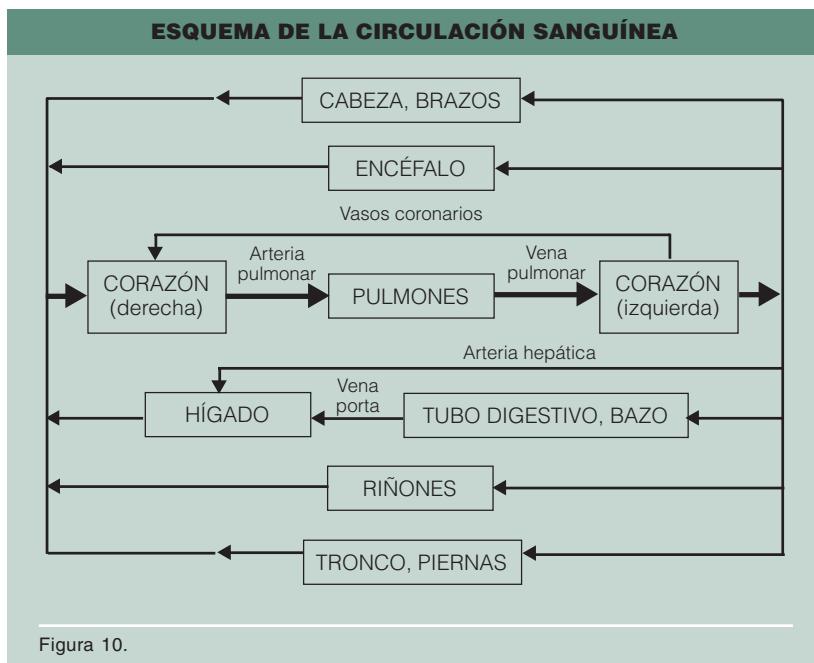
de prácticas o comportamientos que atentan al más elemental sentido de la higiene (comer, beber o fumar en el puesto de trabajo, no lavarse las manos antes de comer o llevar al comedor la ropa de trabajo sucia, aspirar con la boca para llenar pipetas, etc.). También puede ser origen de una absorción por vía digestiva respirar por la boca o mascar chicle, pues pueden condicionar la ingestión de ciertas sustancias, así como la deglución del moco proveniente del aparato respiratorio.

LA EXPOSICIÓN LABORAL A AGENTES QUÍMICOS POR VÍA DIGESTIVA ES POCO FRECUENTE Y EN LA MAYORÍA DE CASOS OCURRE COMO CONSECUENCIA DE MALAS PRÁCTICAS DE HIGIENE PERSONAL

Algunas sustancias ejercen sus efectos sobre la misma vía de entrada, mientras que otras son transportadas por el torrente sanguíneo hasta otras zonas del organismo que resultan lesionadas o donde se depositan. El sistema circulatorio (sangre y linfa) es el responsable de la distribución de los tóxicos por todo el organismo (figura 10). Observando el esquema de la circulación se observa cómo los tóxicos que penetran por vía respiratoria o dérmica son distribuidos por todo el organismo, mientras que los que acceden por vía digestiva pasan por el hígado antes de ser distribuidos; esta circunstancia es una de las causas de la menor efectividad tóxica de esta vía citada antes.

Habitualmente los tóxicos no se reparten uniformemente por todo el organismo sino que se concentran en un tejido determi-

### Distribución y depósito



LA ACUMULACIÓN DE UN TÓXICO EN UN TEJIDO NO SUELE PRODUCIR LESIONES POR SÍ MISMA, PERO ES UN INDICADOR DE QUE EXISTE, O HA EXISTIDO, UNA EXPOSICIÓN Y, POR TANTO, UN RIESGO

nado, en algunos casos se alcanza la concentración máxima en el lugar donde se ejerce la acción tóxica (por ejemplo: el monóxido de carbono se fija en la hemoglobina, o el paraquat se acumula en los pulmones), mientras que en otros casos el tóxico se acumula en zonas distintas de

sus órganos diana (por ejemplo, el plomo se acumula en los huesos), en este caso se habla de “depósito del tóxico”.

En muy pocas ocasiones el depósito de un tóxico produce lesiones en el tejido de acumulación, incluso se puede considerar el depósito como un mecanismo de defensa al evitar la acumulación de la sustancia en los lugares de acción. Los principales tejidos/órganos de depósito son las proteínas plasmáticas, el hígado, los riñones, el tejido graso y los huesos.

### Biotransformación o metabolización

LOS METABOLITOS PRODUCIDOS POR EFECTO DE LA BIOTRANSFORMACIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS ABSORBIDAS SON, EN OCASIONES, MÁS TÓXICOS QUE LAS PROPIAS SUSTANCIAS

El organismo somete a las sustancias extrañas (xenobióticos) a una serie de transformaciones cuyo resultado suele ser la desactivación del efecto tóxico. En ocasiones, el cambio sufrido al metabolizarse la sustancia es totalmente contrario, como ocurre con el herbicida paraquat, cuyo metabolito es el producto tóxico, o con el metanol, que lesiona el organismo a partir del formaldehído y ácido fórmico resultantes de su biotransformación.

El órgano más importante de la metabolización de los tóxicos es el hígado. Existen, sin embargo, órganos con una capacidad residual de transformación como el pulmón, los riñones, la piel, el corazón, los músculos y el cerebro.

### Excreción

Las vías de excreción son múltiples. La más importante es la vía renal, que lleva a la eliminación por la orina, aunque no hay que olvidar otras vías como la respiratoria (por donde se eliminan los gases y compuestos volátiles), la biliar, la gastrointestinal y vías accesorias como las glándulas salivares, las sudoríparas o la secreción láctea. Evidentemente, la integridad de estos sistemas de excreción puede condicionar, y de hecho condiciona, la dosis activa de la sustancia.

## EFFECTOS DE LOS AGENTES QUÍMICOS SOBRE EL ORGANISMO

Los factores que se han mencionado con anterioridad condicionan una respuesta mayor o menor del organismo frente a los tóxicos. Esta respuesta constituye, de hecho, el efecto del tóxico

en el organismo y su intensidad vendrá dada por el desequilibrio ocasionado por los agentes químicos en el organismo con respecto a un organismo sano.

Los efectos sobre el organismo pueden ser muy diferentes y esta variabilidad permite su clasificación en función de múltiples criterios. Así, atendiendo al tiempo que transcurre entre la exposición y la aparición de los efectos, se habla de *efectos agudos*, si son inmediatos a la exposición, o de *efectos crónicos*, si hay periodo de latencia. Si se valora su evolución, se clasifican en *efectos reversibles* cuando al cesar la exposición la alteración producida desaparece con el tiempo, o *efectos irreversibles* cuando la alteración producida se mantiene a lo largo del tiempo. Finalmente, la clasificación según el lugar de acción los divide en *efectos locales* y *efectos sistémicos*. Los primeros se producen en la misma zona o punto de contacto, mientras que los segundos requieren la absorción y distribución del contaminante dentro del organismo, ejerciendo su acción en el/los órgano/s diana.

Con relación a los efectos sistémicos, el sistema más frecuentemente afectado por fenómenos tóxicos es el nervioso y, en especial, el cerebro. Le siguen en importancia el aparato cardio-circulatorio, la sangre y el sistema hematopoyético y, finalmente, ciertas vísceras como el hígado, los riñones, el pulmón y la piel; y con frecuencia muy inferior, los músculos y los huesos.

Un aspecto importante de los efectos sobre el organismo es el de su intensidad. Atendiendo a esta característica se ha establecido la clasificación de *efectos graduados* y *efectos no graduados*. Los primeros son efectos que admiten intensidades variables que son proporcionales al nivel de la exposición (a mayor exposición, mayor efecto), siendo los segundos independientes de la misma, es decir: el efecto no admite diferentes niveles de intensidad; se produce o no se produce.

En general, la acción de un agente químico sobre el organismo es múltiple, siendo los efectos y sus intensidades función del tipo y grado de la exposición. El conocimiento de esta acción precisa, por tanto, conocer y medir la actividad tóxica consecuencia de una variedad de exposiciones.

EL ORGANISMO SE COMPORTA DE FORMA ACTIVA FRENTE A LA ABSORCIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS. CUANDO ESTA ACTIVIDAD IMPLICA LA ALTERACIÓN DEL EQUILIBRIO PROPIO DEL ORGANISMO SANO NOS ENCONTRAMOS ANTE UN "EFFECTO TÓXICO"

## RELACIONES EXPOSICIÓN – EFECTO Y EXPOSICIÓN – RESPUESTA

Para medir la actividad tóxica de las sustancias es necesario disponer de métodos adecuados que permitan conocer los efectos que producen diferentes exposiciones. Estos métodos con-

sisten, fundamentalmente, en investigaciones epidemiológicas y en ensayos biológicos diseñados para determinar la relación entre la exposición a una sustancia y el tipo e intensidad del efecto (relación exposición-efecto) o la proporción de un grupo de individuos que presentan un efecto determinado en función de la exposición (relación exposición-respuesta).

### **Relación exposición-efecto**

El conocimiento de la relación exposición-efecto integra datos cualitativos y cuantitativos: el tipo y la gravedad o probabilidad de los efectos debidos a una gradación de exposiciones. La información sobre estos temas se puede obtener, aplicando la metodología indicada anteriormente, a partir de estudios epidemiológicos, estudios toxicológicos experimentales con animales, estudios estructura-actividad y ensayos con voluntarios.

LA RELACIÓN EXPOSICIÓN-EFECTO  
DESCRIBE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE  
LA MAGNITUD DE LA EXPOSICIÓN Y EL  
TIPO E INTENSIDAD DEL EFECTO

Los estudios epidemiológicos, que permiten establecer la prevalencia (casos detectados en relación con toda la población expuesta) de ciertos efectos frente a la exposición a un determinado contaminante, son una base de referencia muy importante para establecer estas relaciones. Las

principales dificultades que pueden presentar estos estudios para tener validez son la obtención de garantías sobre los datos de exposición y posibles errores metodológicos (elección del grupo control, representatividad de la muestra seleccionada, etc.).

Los estudios con animales de experimentación, sometiéndolos a concentraciones y tiempos de exposición equivalentes a los laborales, también permiten estimar correlaciones exposición-efecto. En este caso existe la dificultad de la extrapolación de los resultados obtenidos en una especie animal al hombre, que obliga a introducir factores correctores de seguridad, por lo que las conclusiones hay que considerarlas con precaución.

El establecimiento de correlaciones entre la estructura química de una familia de compuestos y sus efectos sobre el organismo permite asimismo predecir los efectos tóxicos que previamente no se conocían de un compuesto relacionado. Es una práctica habitual en muchos campos científicos, especialmente en farmacología, pero no deja de tener ciertos riesgos, ya que aún existen muchos mecanismos de actividad biológica de los compuestos químicos que son poco conocidos o desconocidos. Hay que tener en cuenta que sustancias de estructura muy parecida presentan efectos muy diferentes: benceno y tolueno, 2-nitropropano y 1-nitropropano y n-hexano y hexanos son ejemplos de ello, ya que el benceno y el 2-nitropropano son cancerígenos y el n-hexano un potente neurotóxico, mientras que los demás están considerados solamente como sustancias “tóxicas”.

Finalmente, los ensayos con voluntarios también son una buena fuente de información de las relaciones entre exposición y efectos. Obviamente se utilizan sólo para sustancias o exposiciones de poca peligrosidad, como en el caso de irritantes y olores molestos.

El análisis de los datos de las relaciones exposición-efecto pone de manifiesto que, en general, las sustancias son capaces de inducir efectos diferentes a medida que aumenta la exposición, con independencia de la evolución de los efectos ya iniciados. En relación con la evolución de los efectos, dicho análisis permite distinguir de forma inmediata entre los dos tipos de efectos indicados con anterioridad:

- *Efectos graduados.* Efectos sobre la salud que están relacionados cuantitativamente con la presencia del agente causante en el entorno de trabajo, de modo que el daño producido será tanto mayor cuanto más grande sea la exposición. Es el caso de los efectos irritantes, neumoconícticos y tóxicos sistémicos.
- *Efectos no graduados.* Efectos que no admiten diferentes intensidades y sólo presentan una relación entre la frecuencia o probabilidad de los mismos y el nivel de exposición al agente. Es el caso de los efectos cancerígeno, mutágeno y tóxico para la reproducción.

La representación gráfica de los datos correspondientes a efectos graduados responde al modelo indicado en la figura 11 y la de los no graduados al modelo indicado en la figura 12.

En el primer caso puede observarse la existencia, en general, de un umbral del efecto a un determinado nivel de la exposición, lo cual significa que exposiciones por debajo de dicho nivel no alcanzan a producir el efecto considerado. En cambio, en el segundo caso no existe umbral de efecto; cualquier nivel de la exposición comporta una cierta frecuencia o probabilidad del efecto.

Entre los efectos que responden a una relación graduada con la exposición existen, no obstante, grandes diferencias en el

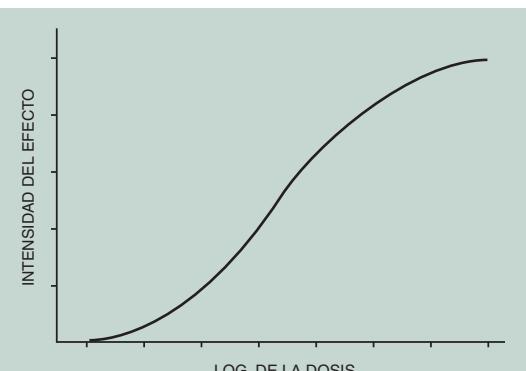


Figura 11. Efectos graduados. Relación exposición-efecto

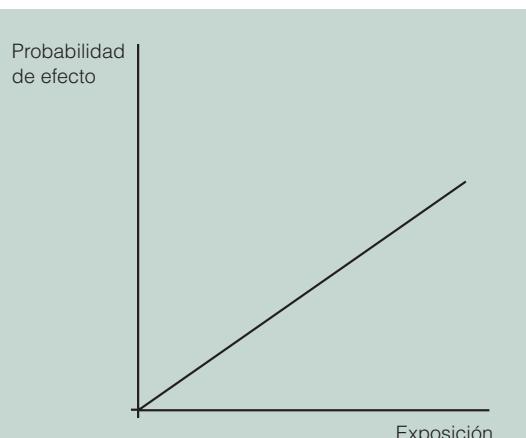


Figura 12. Efectos no graduados. Relación exposición-probabilidad de efecto

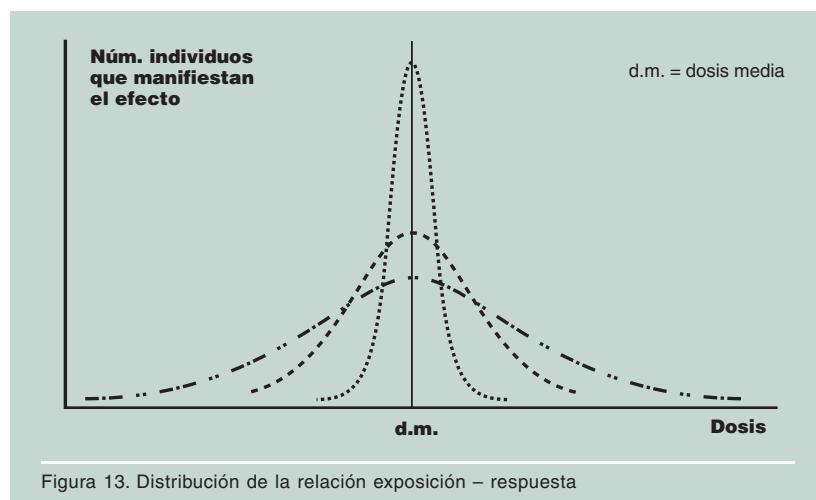
tipo de exposición que da lugar a los efectos. Simplificando estas diferencias, puede decirse que unos efectos son proporcionales a las exposiciones crónicas, mientras otros efectos lo son a las exposiciones agudas.

### Relación exposición-respuesta

Como ya se ha expuesto anteriormente en el comentario de la influencia de los factores biológicos sobre el efecto de los tóxicos, a igualdad de exposición (o dosis) no todos los organismos responden de igual manera e incluso un mismo individuo, en momentos distintos, puede responder de forma diferente. La obtención de la curva exposición-efecto pasa pues por el estudio de un grupo homogéneo de individuos en los que se observa el efecto obtenido a diferentes exposiciones, consignándose para cada una de ellas el efecto medio producido en el grupo.

La variabilidad en las respuestas se pone también de manifiesto al concretar el efecto y someter experimentalmente a un grupo de individuos (habitualmente animales) a exposiciones crecientes. Se observa que a partir de un determinado nivel de la exposición en que un primer individuo del grupo manifiesta el efecto, a medida que aumenta la exposición, crece la proporción de individuos que sufren el efecto hasta que finalmente todos ellos lo presentan.

La gráfica que se obtiene representando el número de individuos que manifiestan el efecto en función de las exposiciones crecientes es una forma de expresión de la relación exposición-respuesta para el efecto considerado y responde a una distribución de tipo normal, tal como se indica en la figura 13. La forma de la curva cambia en función de la variabilidad de la respuesta: alta y estrecha para una variabilidad pequeña y baja y



ancha para una gran variabilidad. La exposición (o dosis) efectiva media corresponde a la exposición para la cual el mayor número de individuos manifiesta el efecto considerado.

Otra forma de expresar la relación exposición-respuesta es representando gráficamente la proporción de individuos de un grupo que manifiesta el efecto considerado en función de las exposiciones crecientes, tal como se representa en la figura 14 para tres efectos diferentes de una sustancia, de gravedad creciente.

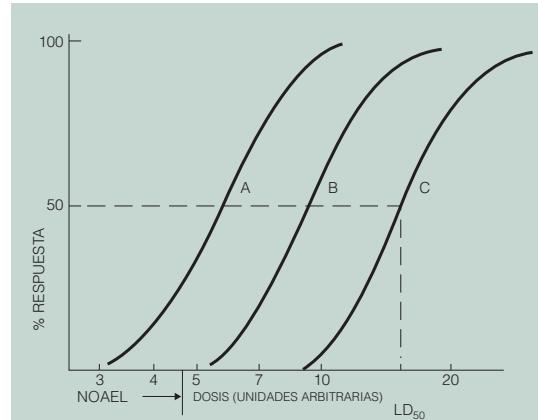
La forma de la curva cambia en función de la variabilidad de la respuesta: cambio brusco casi en vertical para una pequeña variabilidad del efecto entre los individuos, y más aplanada para una gran variabilidad. La exposición (o dosis) efectiva media corresponde a la exposición para la cual el 50% de los individuos manifiesta el efecto considerado.

Esta experiencia, realizada con un grupo de animales especialmente escogido a los que se administran dosis únicas, y fijando como efecto a observar la muerte de los individuos, permite obtener índices o criterios de toxicidad aguda. Los índices principales son:

- La DL50, dosis letal al 50% o media, por ingestión oral: corresponde a la dosis por vía oral que produce la muerte al 50% de los animales de experimentación.
- La DL50, dosis letal al 50% o media, por penetración cutánea: corresponde a la dosis por vía dérmica que produce la muerte al 50% de los animales de experimentación.
- La CL50, concentración letal al 50% o media, por inhalación: corresponde a la concentración ambiental que por exposición durante un tiempo determinado (4 horas, por ejemplo) produce la muerte al 50% de los animales de experimentación en un plazo definido.

Los valores de estos índices se utilizan para la clasificación, expuesta en un capítulo anterior, de las sustancias peligrosas en función de su toxicidad aguda como “Muy tóxicas”, “Tóxicas” o “Nocivas”, de acuerdo con el Real Decreto 363/1995,

LA RELACIÓN EXPOSICIÓN-RESPUESTA DESCRIBE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA MAGNITUD DE LA EXPOSICIÓN Y LA PROPORCIÓN DE INDIVIDUOS AFECTADOS POR UN DETERMINADO EFECTO



A = Cambios bioquímicos sin significación funcional  
 B = Cambios significativos en la función de un órgano (efecto crítico)  
 C = Mortalidad  
 NOAEL = Nivel de efectos adversos no observables  
 LD<sub>50</sub> = Dosis letal para el 50% de la población

Figura 14. Relación dosis (exposición) – respuesta para tres efectos diferentes de una sustancia, de gravedad creciente

Categoría	CRITERIOS DE TOXICIDAD BASADOS EN LA TOXICIDAD AGUDA		CL <sub>50</sub> inhalatoria rata mg/l/4horas	
	DL <sub>50</sub> oral rata mg/kg	DL <sub>50</sub> cutánea rata o conejo mg/kg	Aerosoles o partículas	Gases y vapores
Muy tóxicos	≤ 25	≤ 50	≤ 0,25	≤ 0,5
Tóxicos	25-200	50-400	0,25-1	0,5-2
Nocivos	200-2000	400-2000	1-5	2-20

*DL<sub>50</sub>: Dosis letal media      CL<sub>50</sub>: Concentración letal media*

Figura 15.

“Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas” (figura 15).

La relación exposición-respuesta puede establecerse utilizando otro tipo de ensayos, en los que se somete a exposiciones o se administran dosis diariamente durante un tiempo determinado, para obtener información sobre los efectos tóxicos derivados de la exposición repetida. Existen asimismo otros datos de toxicidad que son interesantes desde el punto de vista del riesgo químico y se pueden establecer a partir de las relaciones exposición-respuesta, por ejemplo: exposición o dosis más baja a la que se ha descrito un efecto (o la muerte), exposición a la que aparece un determinado efecto, o el valor de concentración en aire con Inmediato Peligro para la Vida o la Salud (IPVS).

## ALTERACIONES PRODUCIDAS POR LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

Atendiendo a criterios fisiopatológicos, los efectos de los tóxicos se pueden clasificar según se indica en la figura 16 y, aunque no es objeto de este texto describir con detalle cada uno de ellos, se comentan brevemente a continuación, incluyendo la alteración endocrina que no forma parte de esta clasificación pero que es objeto de una atención creciente. Es habitual identificar un agente químico por el tipo de efecto principal que ocasiona, así, se habla de agentes asfixiantes, irritantes, cancerígenos, etc.

<b>TIPOS DE TÓXICOS Y EFECTOS EN EL ORGANISMO</b>	
Irritantes	Inflamación en las áreas de contacto, piel y mucosas ocular y del aparato respiratorio.
Corrosivos	Destrucción del tejido sobre el que actúa.
Neumoconíicos	Alteración pulmonar por partículas sólidas, de sustancias insolubles en los fluidos biológicos, que se depositan y acumulan en el pulmón.
Asfixiantes	Anoxia por desplazamiento del oxígeno del aire (asfixiantes simples) o por alteración de los mecanismos biológicos de oxidación (asfixiantes químicos).
Sensibilizantes	Efecto alérgico en presencia de pequeñas cantidades, que puede manifestarse de forma diversa (asma, dermatitis, rinitis).
Tóxicos sistémicos	Alteraciones o daños en órganos o sistemas específicos (hígado, riñón, piel, etc.) una vez absorbido y distribuido por el cuerpo.
Cancerígenos, genotóxicos y tóxicos para la reproducción	La catalogación de una sustancia en uno de estos grupos se hace en función de que induzca el desarrollo de un cáncer, produzca alteraciones del ADN u ocasione alteraciones en la fertilidad, reproducción o descendencia.

Figura 16.

El efecto irritante es la manifestación de la respuesta del organismo frente a una agresión externa, que se produce en el lugar de contacto del tóxico. Muchas sustancias son capaces de producir irritaciones o reacciones cutáneas o respiratorias, siempre y cuando se encuentren en concentraciones suficientemente altas y durante un periodo de tiempo suficiente (figura 17). Su acción puede ser intensa (irritantes fuertes) o moderada (irritantes suaves).

En la piel las manifestaciones clínicas son diversas, desde un leve enrojecimiento a una úlcera. En el aparato respiratorio, en el caso de los irritantes con acción intensa, el síntoma principal suele ser una insuficiencia respiratoria inmediata acompañada de los síntomas propios de la irritación mucosa (lagrimeo, estornudos, dificultades para tragar).

La condición que determina un mayor o menor efecto de los agentes irritantes que actúan sobre la vía respiratoria es esencialmente su solubilidad en agua. Los compuestos solubles en agua dan lugar a los síntomas más agudos, que, salvo al-

#### **Efecto irritante**

<b>EJEMPLO DE IRRITANTES</b>	
<b>CUTÁNEOS</b>	<b>RESPIRATORIOS</b>
• Acrilamida	• Acetaldehído
• Aguarrás	• Bromuro de hidrógeno
• Bromuro de metilo	• Ciclohexanol
• Cloroformo	• Cloro
• Disulfuro de carbono	• Dimetilamina
• Pentaclorofenol	• Dioxano
• Xileno	• Tetrahidrofurano

Figura 17.

gunas excepciones, son los menos graves. Los de baja solubilidad en agua producen una lesión difusa en los alveolos (edema pulmonar), cuyos síntomas aparecen con cierto retraso respecto a la exposición, incluso 24 horas. Este retraso constituye un factor de riesgo adicional debido a la posibilidad de un diagnóstico equivocado, que inducirá un tratamiento no adecuado, ya que es probable no relacionar los síntomas con la exposición sufrida.

---

**Efecto cáustico o corrosivo**

Existe la falsa idea de que un efecto corrosivo es un efecto irritante muy fuerte, esta confusión se sustenta en el hecho de que muchos productos son corrosivos a concentraciones elevadas e irritantes a bajas concentraciones. El efecto corrosivo consiste en la destrucción de los tejidos por la acción del producto, o sea, en la producción de una quemadura química, que es un fenómeno distinto a la respuesta del organismo frente a un irritante. Son ejemplos de compuestos corrosivos: el bromo, el fenol, los hidróxidos de sodio y de potasio, los ácidos sulfúrico, nítrico y acético, entre otros muchos compuestos.

---

**Efecto neumoconítico**

Es un efecto directo sobre los pulmones producido por aerosoles de fibras o partículas que, por acumulación en los alveolos y bronquiolos, pueden generar una respuesta biológica en los tejidos pulmonares cuyo resultado es una insuficiencia respiratoria e, incluso, ciertos tipos de tumores. Son ejemplos de ellos: la sílice cristalina o el talco y el amianto. Resulta obvio que, además de la naturaleza química de la sustancia, el tamaño y la forma de las partículas del aerosol son factores que influyen de forma determinante en el desarrollo de daños en el pulmón.

Si la respuesta del tejido pulmonar frente a la acumulación de las partículas en los alveolos es nula o muy ligera, se habla de "polvo inerte". Esta denominación puede inducir a confusión, el término "inerte" sólo hace referencia a la ausencia de respuesta del tejido pulmonar, pero la acumulación de partículas en los alveolos tiene efectos directos en la capacidad respiratoria y, por tanto, es un efecto perjudicial para la salud.

---

**Efecto asfixiante**

Este efecto, cuya manifestación aguda puede provocar con rapidez la muerte del individuo, lo producen algunas sustancias, normalmente en estado gaseoso, cuya presencia en el aire impide, por diversos mecanismos bioquímicos, que se lleve a cabo la utilización metabólica del oxígeno en las células. El monóxido de carbono, el cianuro de hidrógeno o el sulfuro de hidrógeno son ejemplos de sustancias asfixiantes.

También se incluyen en este grupo los gases biológicamente inertes, es decir, que no ocasionan ningún efecto ni respuesta biológica, pero cuya presencia en el aire implica una menor concentración de oxígeno debido a un efecto de dilución. Reciben el nombre de asfixiantes simples u oxíprivos. El nitrógeno, los gases nobles, el hidrógeno y muchos hidrocarburos gaseosos (metano, etano, etileno, etc.) son ejemplos de estos asfixiantes simples.

Las lesiones o efectos de este tipo normalmente se desarrollan en dos fases. Al inicio de la exposición no se producen síntomas aparentes, es la fase de sensibilización; posteriormente, cuando el individuo ya se ha sensibilizado, se observa una respuesta inmunitaria exagerada cuando se produce una exposición incluso de intensidad muy pequeña. Las respuestas pueden aparecer en la piel (dermatitis, urticaria), las mucosas (conjuntivitis, rinitis) y las vías respiratorias (asma). Se puede distinguir entre agentes sensibilizantes respiratorios y cutáneos, aunque algunos de ellos son capaces de provocar los efectos por ambas vías (figura 18). Los efectos de tipo sensibilizante son difíciles de detectar, ya que no se manifiestan en todos los individuos expuestos, pueden aparecer después de repetidos contactos con el producto sin efectos aparentes y pueden producirse sensibilizaciones incluso como consecuencia de exposiciones de muy baja intensidad.

#### Efecto sensibilizante o alérgeno

##### EJEMPLO DE SENSIBILIZANTES

###### RESPIRATORIOS

- Anhídrido ftálico
- Anhídrido maleico
- Diisocianatos (TDI, HDI, MDI)
- Etilendiamina
- Glutaraldehído
- Persulfato de amonio
- Piperacina

###### CUTÁNEOS

- Acrilato de metilo
- 1,3-Dicloropropeno
- Fenilendiamina
- Formaldehído
- Hidroquinona
- Níquel y compuestos
- Peróxido de benzoílo

Figura 18.

#### Efectos sistémicos

Finalmente, los efectos sistémicos son los que se producen de forma específica sobre determinados órganos o sistemas, que normalmente no son la vía de penetración en el organismo. Por ejemplo: el mercurio y el metanol que afectan al sistema nervioso central, la mayoría de los metales pesados que afectan al riñón, el cloroformo y otros hidrocarburos clorados que afectan al hígado o las aminas aromáticas que afectan a la vejiga urinaria.

Entre los efectos sistémicos son importantes los denominados “efectos anestésicos o narcóticos” que se producen sobre el sistema nervioso central, limitando o reduciendo la actividad cerebral. En general, los agentes que los producen son sustancias liposolubles (solubles en grasas) que actúan sobre el tejido nervioso del cerebro, de carácter graso. Los disolventes orgánicos son el ejemplo típico de estos compuestos.

### Efecto cancerígeno

#### EJEMPLOS CANCERÍGENOS Y LOCALIZACIÓN DEL CÁNCER

<b>PIEL</b>	Arsénico
<b>PULMÓN</b>	Amianto Cromo hexavalente
<b>HÍGADO</b>	Cloruro de vinilo
<b>VEJIGA URINARIA</b>	Bencidina 2-naftilamina
<b>SANGRE</b>	Benceno

Figura 19.

Con el nombre de “cáncer” se agrupan numerosos procesos, de pronóstico variable y no necesariamente fatal. Los agentes químicos que pueden inducir cáncer son múltiples. Algunos de ellos son perfectamente conocidos (amianto, arsénico, benceno) mientras que otros están en estudio (cadmio, dinitrotolueno). Las principales localizaciones del cáncer de tipo laboral son los pulmones, la piel, la vejiga urinaria, el hígado y la cavidad y los senos paranasales (figura 19).

En la legislación sobre clasificación de productos químicos peligrosos, existe una lista “reconocida” de las sustancias cancerígenas para el hombre, que se actualiza mediante disposiciones particulares. La utilización de estas sustancias está sometida a una regulación específica en la legislación sobre prevención de los riesgos laborales por exposición a agentes químicos que se comentará en otro capítulo.

Sin embargo, la cantidad de sustancias consideradas como “sospechosas de inducir cáncer en humanos” es muy elevada y varía en el tiempo en función de los sucesivos hallazgos toxicológicos y epidemiológicos. Ello hace que diferentes organismos dispongan de listas con clasificaciones de diferentes “niveles” de carcinogenicidad.

#### DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE AGENTES CANCERÍGENOS

Sustancia	benceno
Familia de sustancias	aminas aromáticas
Proceso	fabricación de auramina
Actividad	ebanistas y carpinteros

Figura 20.

Las monografías de la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) son el punto de partida para la asignación de los niveles de carcinogenicidad, que se asignan no solamente a los productos químicos puros, sino también, cuando la información epidemiológica lo sugiere, a familias de sustancias, a procesos químicos e incluso a actividades industriales (figura 20).

### Efecto tóxico para la reproducción

Este tipo de acciones se manifiesta en forma de alteraciones de la reproducción en la población. Un agente químico puede actuar sobre las células sexuales (espermatozoides u óvulos) produciendo un cambio tanto en la información genética (agentes mutágenos o mutagénicos), como en el producto de la gestación, embrión o feto (agentes teratógenos).

Es importante señalar que las alteraciones cromosómicas pueden producirse tanto en las células sexuales masculinas como en las femeninas, por lo que, para realizar una correcta preventión del riesgo, es necesario tener en cuenta las condiciones laborales de ambos sexos.

Al igual que con los compuestos cancerígenos, los compues-

tos con estas características, que de una manera u otra afectan a la reproducción humana, son objeto de estudio constante y las listas nunca pueden considerarse cerradas.

Por “alteración endocrina” se entiende una acción que afecta al funcionamiento del sistema endocrino, es decir, al desarrollo, crecimiento, reproducción y comportamiento humanos y animales.

El sistema endocrino está formado por una serie de glándulas como el tiroides, las gónadas y las glándulas suprarrenales que, mediante las hormonas que producen (tiroxina, estrógenos, testosterona, adrenalina, etc.), ayudan a dirigir el desarrollo, el crecimiento, la reproducción y el comportamiento de personas y animales. Las hormonas son moléculas que circulan en el torrente sanguíneo, dando señales que desencadenan reacciones en otras partes del cuerpo. Se cree que las sustancias que alteran los procesos endocrinos (alteradores endocrinos) pueden interferir en el funcionamiento de este complejo sistema al menos de tres formas:

- mimetizando la acción de hormonas producidas naturalmente como pueden ser los estrógenos o la testosterona y provocando en el organismo reacciones químicas similares;
- bloqueando los receptores hormonales de las células diana de las hormonas e imposibilitando la acción de hormonas normales;
- interfiriendo en la síntesis, el transporte, el metabolismo y la secreción de hormonas con la consiguiente alteración de las concentraciones hormonales naturales.

El conocimiento del efecto de la alteración endocrina no es nuevo. En los años 1970 y siguientes se demostró que el diestilestilbestrol, un medicamento para prevenir los abortos en las mujeres y estimular el crecimiento del ganado, causaba graves problemas en los aparatos reproductores masculino y femenino que incluían anomalías y cáncer congénitos. Era el primer ejemplo documentado de una sustancia química que, administrada a la madre, puede causar cáncer en su descendencia femenina.

Además de este ejemplo, existe un conjunto de sustancias artificiales que se sospecha son capaces de causar alteraciones endocrinas. Entre éstas, se encuentran sustancias químicas concebidas para su aplicación en la industria, la agricultura y en bienes de consumo. Este grupo también incluye subproductos de los procesos industriales como las dioxinas.

Dada la amplia aplicación de estas sustancias, en el caso del ser humano son posibles tanto la vía de exposición directa en el

### **Alteración endocrina**

lugar de trabajo o a través de productos de consumo como alimentos, ciertos plásticos, pinturas, detergentes y cosméticos, como la exposición indirecta a través del medio ambiente (aire, agua y suelo).

La Unión Europea mantiene una línea de estudio sobre estas sustancias, cuya caracterización es aún dudosa, motivo por el cual este tipo de efecto no se contempla de forma individualizada en el conjunto de acciones adversas de los agentes químicos que se consideran para su clasificación legal como peligrosos.

# Efectos sobre el medio ambiente

5

## INTRODUCCIÓN

Para comprender hasta qué punto un producto químico puede ser peligroso para el medio ambiente es necesario exponer brevemente los conceptos de Ecología (ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con su ambiente) aplicables al funcionamiento de la naturaleza, para concretar cómo la presencia de los productos fabricados por el hombre pueden causar daños al entorno, la gravedad de esos daños y la forma de evitarlos.

Los materiales biológicos (proteínas, lípidos, etc.) se integran en formas organizadas de complejidad creciente. La unidad biológica fundamental más pequeña capaz de reproducirse a sí misma es la *célula*. Los agrupamientos de células constituyen los tejidos y órganos que son las unidades estructurales y funcionales de los *individuos*. En ocasiones los individuos están constituidos por una sola célula (organismos unicelulares). El conjunto de individuos de la misma especie constituye la *población*.

La *comunidad biocenosis* es un sistema biológico que agrupa al conjunto de poblaciones que ocupan un espacio determinado en una época concreta y, aunque está formado por plantas, animales, bacterias, hongos y otros seres vivos, representa una agrupación relativamente uniforme, de aspecto y composición determinados. Las poblaciones que forman una biocenosis viven juntas de una manera ordenada e interrelacionada y no como individuos distribuidos al azar que desarrollan su vida de forma independiente. El conjunto de elementos físicos y los factores ambientales en los que se desarrolla una comunidad es el *biotopo* y el conjunto de un biotopo y la comunidad que lo habita se denomina *ecosistema*.

BIOSFERA ES LA PARTE DE LA TIERRA EN  
LA QUE EXISTE VIDA

La *biosfera* es la parte de la Tierra en la que existe vida. Comprende básicamente la corteza terrestre, la superficie de las aguas y las capas más bajas de la atmósfera. Sus características esenciales son las siguientes:

- Es una zona con abundante cantidad de agua.
- Recibe gran cantidad de energía de una fuente externa (luz solar).
- Entre los tres estados de la materia (sólido, líquido, gaseoso) existen interfaces (células, individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas).

## DINÁMICA DE LA BIOSFERA

En la biosfera se desarrollan los mecanismos que mantienen la vida en nuestro planeta. Esencialmente estos mecanismos no son más que unos tipos de reacciones químicas (reacciones bioquímicas) de transformación de la materia manteniendo una situación de equilibrio llamado *equilibrio natural*. El equilibrio se caracteriza por un cambio continuo y constante en un nivel de organización inferior para mantener una aparente constancia en el nivel de organización superior. Así, las células de un individuo están continuamente muriendo y reproduciéndose para que el organismo en su conjunto mantenga una cierta constancia en el tiempo. Lo mismo ocurre si observamos a los individuos respecto a la población o las poblaciones respecto a la biocenosis.

En realidad la constancia en el tiempo no es perfecta y el equilibrio natural va modificando lentamente su posición a lo largo del tiempo; la evolución de las formas de vida en nuestro planeta es la manifestación de este cambio global, lento y constante. Nótese que los conceptos de rapidez y lentitud en ecología tienen unas dimensiones muy distintas a las de la vida humana: un proceso ecológicamente lento puede durar decenas de miles de años, mientras que un cambio que ocurra en 100 años se considera como un cambio rápido.

En conclusión, todas las especies vivientes están continuamente evolucionando de forma muy lenta para adaptarse a las nuevas situaciones del entorno. Cuando en un ecosistema se produce un cambio rápido de esas condiciones, las especies que lo ocupan no pueden evolucionar a ese ritmo y se produce un “desastre ecológico” que se caracteriza por la desaparición de las formas de vida habituales que, en algunos casos, puede ir acompañada por el resurgir de otras formas de vida mejor adaptadas a las nuevas condiciones.

LAS ESPECIES VIVIENTES ESTÁN  
EVOLUCIONANDO CONTINUAMENTE DE  
FORMA MUY LENTA

## CICLOS NATURALES

Para describir los fenómenos que tienen lugar en la biosfera es útil desarrollar los conceptos de ciclos naturales.

Toda la vida en la Tierra está apoyada en la energía que llega desde el Sol. El mecanismo de transferencia de energía es la radiación. Pero esta energía no se almacena de forma definitiva en la Tierra (si así fuera, existiría un calentamiento continuo) sino que es devuelta de nuevo al espacio en la misma forma en que se recibe, por radiación, aunque a una longitud de onda más baja. Lo que mantiene a los ciclos vitales en marcha es precisamente la circulación de la energía.

Aproximadamente el 30% de la energía procedente del Sol que llega a las capas más externas de nuestra atmósfera es directamente reflejada o dispersada y devuelta al espacio. Un 20% es absorbida en la atmósfera, básicamente por el vapor de agua, las gotas de agua que forman las nubes y las partículas de polvo. El 50% restante de la radiación solar alcanza la superficie terrestre donde es absorbida y ocasiona el calentamiento del suelo y de la superficie de las aguas, generando algunas reacciones químicas y sobre todo creando la dinámica física de la corteza terrestre (corrientes marinas, vientos, lluvias, etc.).

Una pequeña parte de la energía que llega a la corteza (el 10% aproximadamente) es absorbida por las plantas verdes para realizar la función de fotosíntesis que consiste en la fabricación de materia orgánica a partir de materiales inorgánicos. Esta es la base de los ciclos de alimentación y crecimiento de todos los

### Ciclo de la energía

LA ENERGÍA QUE RECIBE LA TIERRA  
PERMITE LA PRODUCCIÓN DE LA MATERIA  
ORGÁNICA Y LA VIDA

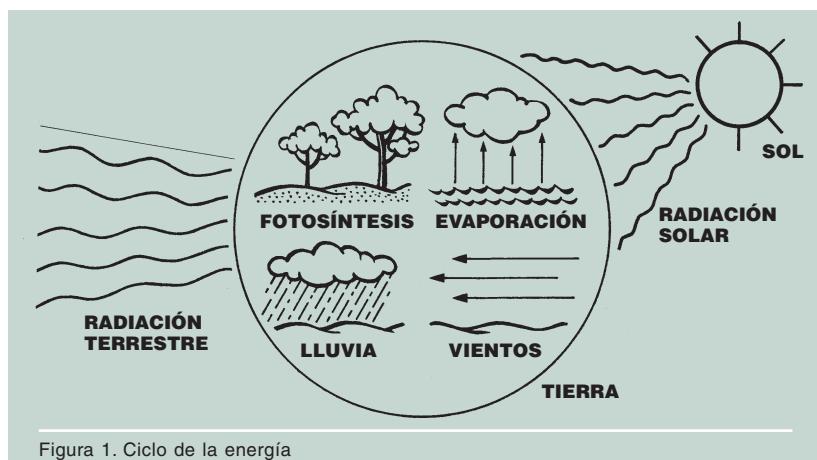


Figura 1. Ciclo de la energía

seres vivos. En el ámbito terrestre esta energía permite la producción anual de unos 200 mil millones de toneladas de materia orgánica seca.

La energía utilizada para fabricar moléculas complejas a partir de moléculas más simples queda almacenada temporalmente en las moléculas complejas hasta que la descomposición de los organismos muertos retorna al medio las moléculas simples y la energía almacenada en forma de calor (figura 1).

### Ciclo de la materia

Las plantas son el inicio de las cadenas alimenticias, ya que sólo precisan tomar del medio ambiente moléculas inorgánicas sencillas como agua, oxígeno, anhídrido carbónico y sales minerales. En estas moléculas se encuentran los elementos químicos imprescindibles para la vida (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, hierro, potasio, calcio, manganeso, cobre, cinc, molibdeno, etc.). Las plantas incorporan estos elementos a la materia orgánica, que pasan después a los animales herbívoros y luego a los carnívoros.

Las plantas y los animales generan desechos, incluyendo como tal el propio organismo muerto. Los desechos pueden ser materiales inorgánicos, que son directamente aprovechados por las plantas, u orgánicos. Sobre estos desechos orgánicos entran en acción los organismos descomponedores (bacterias, hongos y pequeños animales) que liberarán las moléculas inorgánicas originales en el medio ambiente de donde podrán ser de nuevo utilizadas por las plantas cerrándose el ciclo.

El funcionamiento casi perfecto de los ciclos de los elementos esenciales en el conjunto de la biosfera es condición imprescindible para el mantenimiento de la vida, ya que no hay

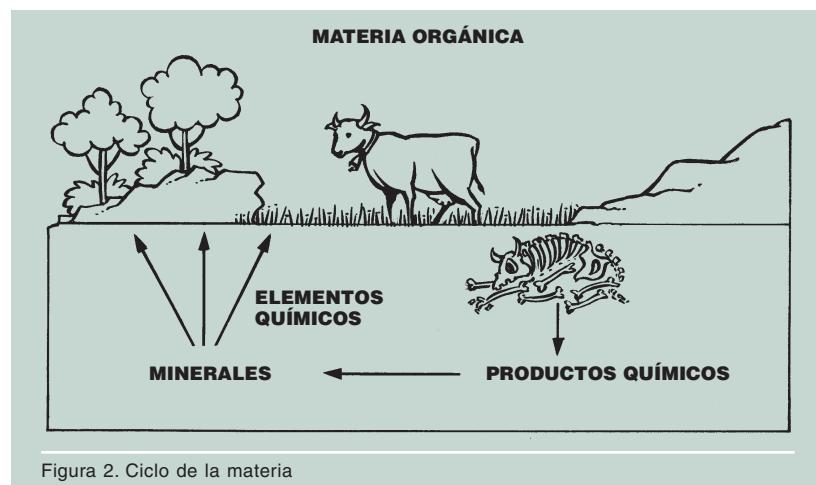


Figura 2. Ciclo de la materia

aportes externos de materia. Una idea de la perfección de los ciclos de materia en la biosfera la da el hecho de que después de más de tres mil millones de años, desde la aparición de vida en la Tierra, no se ha producido todavía la carencia apreciable de ningún elemento en los ciclos vitales (figura 2).

LOS CICLOS FUNCIONAN DE MANERA  
CASI PERFECTA

## EJEMPLOS DE CICLOS ESPECÍFICOS

El ciclo del carbono en la naturaleza es el mejor conocido y constituye un buen ejemplo de ciclo en el que el elemento regresa al medio al mismo ritmo en que es extraído por los seres vivos.

### Ciclo del carbono

El carbono inorgánico se encuentra en la atmósfera en forma de anhídrido carbónico y disuelto en el agua en forma de iones bicarbonato. Este carbono es incorporado a la materia viva por las plantas terrestres y las algas (función fotosintética), de donde pasa a los organismos consumidores y luego a los descomponedores. La respiración de plantas, animales y descomponedores devuelve el anhídrido carbónico a la atmósfera o al medio acuático. Entre la atmósfera y el agua hay un intercambio recíproco de CO<sub>2</sub> que colabora a mantener el equilibrio entre las cantidades de carbono que hay en cada medio.

Una devolución adicional a la atmósfera se produce a través de la combustión (proceso no biológico) bien sea por el uso intencionado de combustibles (madera, carbón, petróleo y gas natural), bien sea de modo accidental (incendios de todo tipo y erupciones volcánicas).

El ciclo que se ha descrito es muy rápido, pero además el carbono interviene en otros ciclos más lentos que retiran la cantidad disponible para los seres vivos durante períodos de tiempo muy prolongados. Son ejemplos de estos ciclos lentos la deposición de materia orgánica en forma de turba, carbón o petróleo o la formación de los carbonatos insolubles de las conchas de animales marinos. Estos carbonatos precipitados se mezclan con arcillas y, con el tiempo, pueden acabar formando rocas calizas. El retorno a la atmósfera por mecanismos naturales de este carbono se produce muy lentamente por disolución de las rocas carbonatadas y la acción volcánica sobre los depósitos de carbón o petróleo.

La explotación masiva de los depósitos de carbón, petróleo y gas natural para obtener, por combustión, la energía necesaria para el mantenimiento de nuestra cultura tecnológica, implica el retorno a la atmósfera de cantidades de carbono a un ritmo

superior al natural, lo que ocasiona que la cantidad de CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico) en la atmósfera esté aumentando. La consecuencia más significativa de este aumento es la posibilidad de un cambio climático (aumento de la temperatura de la atmósfera) que afectaría a todas las formas de vida en la Tierra. Durante una época anterior a la presencia humana sobre la Tierra ya se produjo una situación similar: la atmósfera de la Tierra era básicamente carbonatada y con poco oxígeno, en ese medio la población de plantas creció extraordinariamente, ocasionando la disminución paulatina de la cantidad de CO<sub>2</sub> disponible en la atmósfera, ya que quedaba fijado en las plantas, y el aumento paulatino del oxígeno atmosférico como "residuo" de la fotosíntesis, con dos consecuencias: la gran población vegetal no pudo mantenerse viva y dio origen a los depósitos de carbón, petróleo y gas natural actuales, y la población de organismos que necesitan el oxígeno para vivir (entre ellos el hombre) aumentó, apareciendo el modo de organización de la biosfera actual.

Hay que recalcar que el proceso anterior fue extraordinariamente lento (millones de años) y, aunque en cierta forma la combustión de los depósitos fósiles está devolviendo a la atmósfera el carbono que una vez estuvo en ella, este proceso se está desarrollando a una velocidad muy alta (cientos de años) y hay dudas razonables sobre la capacidad de los ecosistemas de reaccionar ante un cambio tan brusco, o lo que es lo mismo: que, como consecuencia del consumo excesivo de energía de origen fósil, no se acabe ocasionando un desastre ecológico.

EL CICLO DEL CARBONO PUEDE VERSE ALTERADO POR LA ELEVADA PRODUCCIÓN ACTUAL DE DIÓXIDO DE CARBONO

### Ciclo del fósforo

Se expone como ejemplo de un ciclo mucho más lento que el anterior y en el que existen compartimentos que pueden almacenar cantidades importantes durante períodos prolongados.

El fósforo es uno de los elementos más importantes de los sistemas biológicos; forma parte de los ácidos nucleicos y de muchas de las moléculas que intervienen en los procesos de transferencia de energía en el interior de un ser vivo.

Las plantas requieren fósforo en forma de fosfatos inorgánicos solubles para su nutrición. De manera similar a los demás elementos, desde las plantas, ya en forma de fósforo orgánico, pasa a los animales y, finalmente, los organismos descomponedores vuelven a generar el fósforo mineral necesario para las plantas. En este ciclo un elemento importante lo constituyen las algas marinas, ya que una gran cantidad de fósforo soluble llega hasta el mar disuelto en las corrientes de agua superficiales, pasa a las algas y de allí entra en las cadenas alimenticias mari-

nas y en parte retorna a tierra gracias a las aves consumidoras de peces que dejan sus restos en tierra. La presencia en el medio ambiente de tóxicos (pesticidas clorados) que disminuyen la capacidad reproductora de las aves influye negativamente en este retorno.

Una gran cantidad de fósforo no se recicla a corto plazo, debido a que acaba formando parte de algunos productos biológicos resistentes a la desintegración (formación de dientes y huesos), y sobre todo porque se sedimenta en los fondos marinos y de lagos muy profundos, desde donde sólo puede retornar a la corteza a través de la actividad volcánica que es un proceso extraordinariamente lento. Esta lentitud en el retorno del fósforo limita la cantidad disponible en la biosfera, de forma que puede decirse que el fósforo es un elemento limitador de la cantidad de materia orgánica viva que puede existir en la superficie terrestre de forma natural.

Para poder mantener en circulación las cantidades de fósforo necesarias para el mantenimiento de las cadenas alimenticias que se precisan para una población humana en constante aumento (agricultura y ganadería para aprovechamiento humano), el hombre extrae grandes cantidades de fosfatos minerales de la tierra (abonos) que compensan las pérdidas por sedimentación en los fondos marinos, acelerando el ciclo, es decir, aumentando las cantidades de fósforo en circulación por la biosfera.

Aunque hay muchos datos sobre los ciclos de los elementos (cantidad en cada uno de los compartimentos, circulación entre ellos, cantidades eliminadas de la circulación, etc.), la realidad es que aún se está lejos de comprender y predecir los efectos de las alteraciones del ciclo del fósforo o de cualquier otro elemento en el conjunto de la biosfera. Hay que tener en cuenta, además, que los ciclos naturales están interrelacionados entre sí lo cual complica el problema de análisis.

SE DESCONOCEN LOS POSIBLES EFECTOS  
DE UN ALTERACIÓN DEL CICLO  
DEL FÓSFORO

## CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

En este apartado se entiende por “productos químicos” los de origen antropogénico, es decir, los fabricados por el hombre para satisfacer alguna necesidad y los productos resultantes de las actividades desarrolladas para fabricarlos aunque no tengan ninguna utilidad (residuos).

Cualquier producto fabricado por el hombre ocupa un espacio en el medio ambiente. Se dice que un ambiente está con-

**Contaminantes  
del medio  
ambiente**

UN AMBIENTE ESTÁ CONTAMINADO CUANDO EXISTEN EN ÉL PRODUCTOS QUE NO DEBERÍAN O SU CONCENTRACIÓN ES DISTINTA A LA QUE DEBERÍA SER DE FORMA NATURAL

taminado cuando en él se encuentran productos o sustancias que no deberían estar de forma natural o cuando su concentración es distinta (mayor o menor) a la que debería existir de forma natural. En ambos casos la consecuencia es la misma: los ciclos naturales no pueden desarrollarse de una forma coherente con el equilibrio natural.

Respecto a la presencia en el medio ambiente de productos de origen antropogénico hay que tener presente que en el último siglo el volumen de productos químicos introducidos en el mercado, y, en consecuencia, de manera más o menos directa en el medio ambiente, se ha multiplicado por un factor muy elevado; concretamente, entre 1930 y 2001 este factor ha sido de 400. Ello implica, evidentemente, un aumento espectacular de la presencia de estos productos de origen antropogénico. En el ámbito de la Unión Europea se considera que el número de productos químicos que se fabrican o importan en cantidades iguales o superiores a 1 tonelada al año es de 30.000, lo que añade a la cantidad otro factor no menos importante, la variedad, y, en consecuencia, la diversidad en cuanto a efectos sobre el medio ambiente.

La definición de “ambiente contaminado” tiene consecuencias importantes para el desarrollo del concepto de “contaminación”, que no es sinónimo del de “toxicidad”. Se puede decir que todos los tóxicos son contaminantes, pero no todos los contaminantes son tóxicos, hay incluso

productos beneficiosos e imprescindibles para la vida que pueden ser contaminantes. Véanse unos ejemplos.

Si un producto tóxico para alguna especie viva se libera en un medio de forma voluntaria o accidental, ocasiona la muerte de los individuos de esa especie, lo cual rompe las cadenas alimenticias en las que intervienen y pone en compromiso el mantenimiento de los ciclos vitales en ese medio. Por ejemplo: un vertido de cianuro a un río provoca la muerte de los peces y de los animales que beban agua de ese río y, si se utiliza esa agua para suministro humano, puede ocasionar una intoxicación en las personas. En conjunto, un desastre ecológico, cuya magnitud puede ser muy variable, pero que en todo caso es un suceso no deseable.

Antes ya se ha comentado que el aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera debido a la combustión del carbón, petróleo y gas es uno de los riesgos ecológicos que más preocupan en la actualidad por las graves consecuencias que puede tener. Sin embargo, el CO<sub>2</sub> es un producto no tóxico y su presencia en la atmósfera

CONTAMINACIÓN NO ES SINÓNIMO  
DE TOXICIDAD

es algo natural. Se trata en este caso de cómo un aumento de la concentración de un producto inocuo puede ser una forma de contaminación.

El uso intensivo de fosfatos y nitratos como abonos, tanto los de origen químico como los generados a partir de excrementos, está ocasionando que algunos lagos o ríos estén contaminados con dichas sales. Aunque estos compuestos son imprescindibles para la vida, ya que un lago sin ellos sería un lago muerto, su exceso ocasiona un crecimiento desmesurado de la población de algas (eutrofización). Las algas agotan el oxígeno disponible, lo que impide el desarrollo de otras formas de vida, muriendo los peces y otros animales acuáticos y desapareciendo los animales terrestres que se alimentan de ellos.

Aunque es posible que la presencia en el medio ambiente de productos no tóxicos pueda ocasionar una contaminación, la realidad es que en la mayoría de casos las contaminaciones tienen su origen en la liberación en el medio ambiente de productos químicos peligrosos para dicho medio fabricados por el hombre. La importancia de una contaminación concreta depende de varios factores:

- La toxicidad del producto para los organismos vivos que ocupan el medio. A este respecto hay que tener en cuenta que la toxicidad de un producto concreto no es igual para todos los organismos.
- La incidencia en los ciclos naturales que sustentan la vida en el medio. Ya se ha expuesto antes un ejemplo de productos (los fosfatos) que pueden ocasionar un desequilibrio.
- La capacidad del medio para regenerarse o “adaptarse” a la presencia de un producto químico. Por ejemplo, una contaminación de un acuífero suele ser mucho más grave que el mismo tipo de contaminación en un río, ya que en este último caso se “limpian” las aguas con más facilidad debido a la corriente y la regeneración del ecosistema puede producirse en un plazo breve (pocos años), mientras que en el caso del acuífero la recuperación es mucho más lenta y, en ocasiones, prácticamente imposible.

LA IMPORTANCIA DE UNA CONTAMINACIÓN  
POR UN PRODUCTO QUÍMICO DEPENDE DE  
SU TOXICIDAD, SU INCIDENCIA EN LOS  
CICLOS NATURALES Y DE LA CAPACIDAD  
DE REGENERACIÓN DEL MEDIO

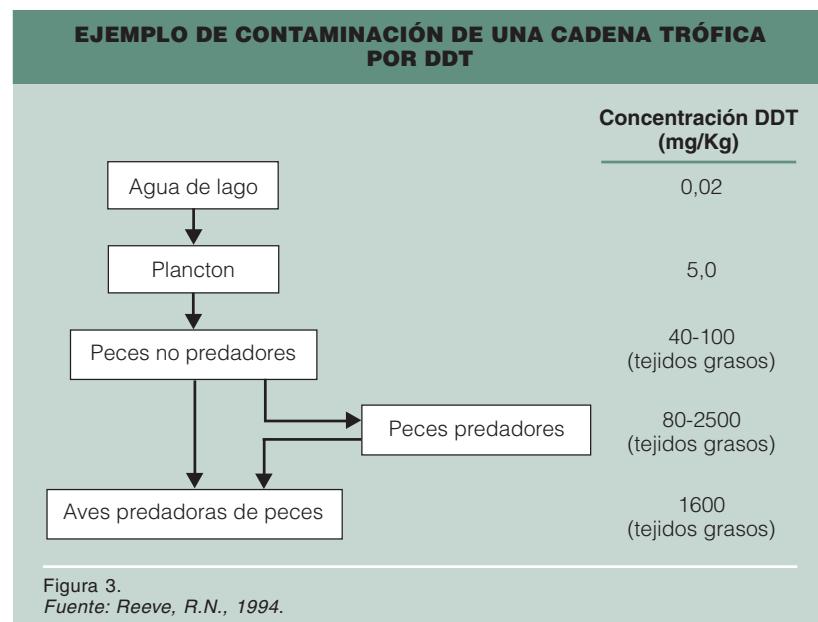
Respecto a la capacidad del medio para regenerarse, un parámetro importante a la hora de evaluar el peligro que representa un producto es su persistencia, es decir, su capacidad para permanecer inalterado o poco alterado en el medio. Ello implica que su vida media es muy larga y que sus efectos negativos, aunque sean pequeños, van a “persistir” con el producto por

**La persistencia  
como factor de  
riesgo**

mucho tiempo. Además, el producto en cuestión puede entrar en la cadena trófica “persistiendo” a lo largo de la misma y aumentando su concentración relativa al pasar de una especie a la otra hasta presentar un efecto tóxico manifiesto al final de la misma, afectando a la especie animal o, si ésta es consumida por el hombre, a él mismo. Este fue el motivo de la intoxicación masiva de personas en el año 1953 en la bahía japonesa de Minamata por consumir pescado altamente contaminado por mercurio proveniente de unos vertidos de años anteriores.

Los productos que presentan unos mayores niveles de persistencia son los metales pesados, como es el caso del mercurio y los compuestos organoclorados, algunos de ellos empleados como pesticidas hace años, de los que cabe citar como ejemplo muy conocido el DDT. Después de muchos años de uso en cultivos terrestres por su gran eficacia para luchar contra las plagas de insectos, se han observado concentraciones elevadas en los tejidos grasos de diferentes animales adonde ha llegado por rutas complicadas. En la figura 3 se presenta un esquema de la acumulación de DDT en aguas continentales a lo largo de la cadena trófica.

Otra consecuencia muy conocida causada por productos persistentes es la afectación de la llamada capa de ozono. Desde la década de los 70 del siglo pasado se dispone de datos que indican una disminución de la presencia de ozono en la estratosfera que protege a la tierra de la radiación ultravioleta procedente del Sol,



porque la retiene en parte. Muchos compuestos halogenados, de los que son significativos los clorofluorocarbonos y el bromuro de metilo, empleado como insecticida, están asociados a esta disminución. Dada su persistencia, de alrededor de 50-100 años, estos compuestos llegan lentamente a la altura de la capa de ozono y, descomponiéndose por la propia radiación ultravioleta, liberan átomos de cloro (y bromo, en su caso) que, al combinarse con una molécula de ozono, la destruyen, para luego combinarse con otras moléculas de ozono y eliminarlas. El proceso es muy dañino, ya que, en promedio, un átomo de cloro es capaz de destruir hasta 100.000 moléculas de ozono. Este proceso se detiene finalmente cuando este átomo de cloro se mezcla con algún compuesto químico que lo neutraliza.

En 1987 se firmó el Protocolo de Montreal, al que se han adherido 175 países y en él que se estableció un programa progresivo tendente a eliminar toda producción y utilización de, entre otros organoclorados, los clorofluorocarbonos, de los que llegaron a producirse cerca de 1 millón de toneladas al año, dadas sus extraordinarias propiedades relacionadas precisamente con su estabilidad y muy baja toxicidad.

### MEDIDA DE LA PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

La peligrosidad de los productos químicos para el medio ambiente se determina mediante ensayos con los que se mide su toxicidad sobre especies animales y vegetales. Los procedimientos de ensayo y la expresión de resultados son similares a los utilizados en los ensayos toxicológicos que tienen como objetivo determinar la toxicidad de una sustancia para el hombre, si bien en estos casos se eligen para el ensayo individuos de especies (peces, crustáceos, algas) especialmente sensibles, con el objeto de poder concluir sobre la capacidad del producto para impedir la vida natural, independientemente de cuál sea su acción tóxica en el hombre. Normalmente los ensayos se realizan con especies acuáticas y se expresan en forma de CL50, es decir, la concentración de la sustancia o producto en agua que ocasiona la muerte de la mitad de los individuos de la especie investigada.

LA PELIGROSIDAD DE UN PRODUCTO PARA EL MEDIO AMBIENTE SE DETERMINA A PARTIR DE ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS PREESTABLECIDOS

Pero la peligrosidad para el medio no depende sólo de la toxicidad; como ya se ha comentado, es importante también su persistencia o, dicho en sentido contrario, la facilidad con que el producto pueda ser biodegradado, es decir, descompuesto por los procesos naturales. La biodegrada-

LA PELIGROSIDAD DE UN PRODUCTO PARA EL MEDIO AMBIENTE DEPENDE DE SU TOXICIDAD PARA LOS ORGANISMOS VIVOS Y DE SU BIODEGRADABILIDAD

bilidad de los productos químicos se expresa como el porcentaje de producto que se degrada por la acción de organismos descomponedores en un plazo de tiempo (normalmente 28 días) en unas condiciones de ensayo determinadas.

En conclusión, la toxicidad para los organismos vivos y la biodegradabilidad son los dos parámetros que indican el peligro de un producto para el medio ambiente.

Conviene añadir aquí que los ensayos de ecotoxicidad son aplicables a todos los productos, independientemente de que se trate de compuestos puros, sustancias, preparados o residuos. Normalmente las distinciones entre sustancias, preparados o residuos obedecen a criterios de interés económico o funcional que no tienen ninguna aplicabilidad al hablar de peligros para el medio ambiente. De hecho, las normativas vigentes sobre residuos obligan a caracterizar los residuos, en cuanto a sus características peligrosas, siguiendo los mismos criterios y procedimientos de ensayo que se aplican a las sustancias y preparados.

En los Anexos 5 y 7 del RD 363/1995 se describen los métodos para comprobar la ecotoxicidad de los productos químicos, que se resumen en la lista de la figura 4, y en el Anexo 6 del mismo se establecen los criterios para decidir si un producto es peligroso para el medio ambiente. Básicamente, esta peligrosidad está asociada a tres tipos posibles de efectos: sobre los organismos acuáticos, sobre la fauna y sobre la capa de ozono. La información al usuario se materializa mediante un pictograma y unas frases de peligro y de precaución normalizadas, que se indican en el capítulo 8.

**LISTA INDICATIVA DE ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ECOTOXICIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS**

- Toxicidad y crecimiento en peces
- Toxicidad y reproducción en Daphnia
- Toxicidad para gusanos de tierra
- Toxicidad oral y por contacto en abejas
- Toxicidad en aves
- Ensaya de inhibición de algas
- Biodegradación
- Degradación
- Bioconcentración

Figura 4.

# Gestión de los riesgos químicos en la empresa. Aspectos generales

6

## INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se da una visión general del riesgo químico contemplando las etapas esenciales del proceso de gestión. En capítulos posteriores se tratarán aspectos más concretos referentes a identificación y evaluación de riesgos químicos, instrucciones para la manipulación de los agentes químicos y sistemas de prevención y protección.

## LA GESTIÓN INTEGRAL E INTEGRADA DEL RIESGO QUÍMICO

La gestión del riesgo químico debe contemplar todos los posibles daños (trabajadores, instalaciones, público en general y medio ambiente) que puede generar la utilización de productos peligrosos. Ello implica la paulatina desaparición de la tradicional frontera entre los riesgos laborales, los riesgos industriales y medioambientales y los riesgos propios del producto, debido a la cual distintas instituciones públicas e incluso personas dentro de la misma empresa han estado controlando diferentes aspectos del riesgo químico, con una limitada cooperación entre ellas. También las coincidencias en planteamientos, objetivos y técnicas aconsejan el desarrollo de una estrategia unitaria de actuación para el control de los riesgos, sobre todo en el ámbito particular de cada empresa. La necesidad de lograr una mayor racionalización y simplificación de los procedimientos de actuación, junto a la mutua sinergia entre sistemas de gestión, abogan por tal concepción integral del

LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO  
QUÍMICO INCLUYE TRABAJADORES,  
INSTALACIONES, PÚBLICO  
Y MEDIO AMBIENTE

riesgo, siendo precisamente en el sector químico donde se han dado los pasos más avanzados en esta dirección. Hay que tener en cuenta que la gravedad de las consecuencias de los siniestros de origen químico, que a veces pueden llegar a ser catastróficos, es un factor determinante para que la prevención sea asumida con especial importancia para garantizar procesos productivos eficientes, además de seguros. Cualquier incidente que pueda ocasionar el paro de una instalación o proceso químico ocasionará costes altísimos, independientemente de la gravedad de las potenciales lesiones físicas al personal expuesto.

Se entiende por "gestión del riesgo químico" el conjunto de procedimientos y actuaciones que permiten desarrollar una correcta identificación de riesgos en las diferentes etapas u operaciones del proceso de trabajo, su evaluación, considerando la magnitud de los daños y su posible materialización y, finalmente, basándose en lo anterior, la adopción de las correspondientes medidas preventivas y de control para asegurar unos niveles tolerables de exposición al riesgo. Además, ello debe desarrollarse en un proceso de mejora continua, tal como la propia reglamentación establece.

Estas tres etapas de la actuación preventiva deben ser aplicadas en todas y cada una de las fases del proceso productivo, desde el estudio de la operación o proceso químico a desarrollarse y el diseño o proyecto de la correspondiente instalación en que va a tener lugar, hasta su montaje, puesta en marcha, funcionamiento, mantenimiento y parada. También deben ser aplicadas desde la adquisición de una sustancia química a su procesamiento para la obtención de productos tanto intermedios como acabados para su comercialización y, por supuesto, a la minimización, tratamiento y eliminación de los residuos generados incluidos los recipientes que los contienen. Los envases vacíos que han contenido sustancias peligrosas han de ser gestionados de la misma manera que los residuos, salvo que la empresa haya asumido su total limpieza con medios propios.

La Ley 54/2003 de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, entre otras mejoras, ha efectuado una aportación notoria respecto al concepto de integración de la actividad preventiva en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en que éste se preste, como en la línea jerárquica de la empresa, incluidos todos los niveles de la misma. La prevención ha de integrarse en el sistema de gestión de la empresa, partiendo de su política empresarial, y en todas aquellas actuaciones que puedan tener consecuencias sobre la seguridad y la salud. La integración de la prevención es un fac-

tor clave para la eficacia de la acción preventiva. La dirección debería descubrir sus ventajas paso a paso, a través de los éxitos graduales que se irán generando. No obstante, es necesario definir desde el principio las funciones de todos los mandos, con vistas a facilitar tal integración, aportándoles los conocimientos y medios necesarios. Especial atención hay que tener con los responsables de compras, contratación de personal y servicios, etc., por la posible injerencia de riesgos que puedan producirse en procesos de cambios.

Las actividades preventivas han de cumplir una triple función: han de prevenir situaciones de riesgo, demostrar interés preventivo en la organización con un valor de ejemplaridad y facilitar el aprendizaje preventivo a sus usuarios. El valor pedagógico de dichas acciones es esencial para facilitar el cambio de actitudes que perseguimos. Realizando actividades preventivas procedimentadas las personas aprenden de los errores, se anticipan a los problemas antes de que éstos acontezcan y, sobre todo, descubren por sí mismas la aportación especial de la prevención a la mejora de su competencia profesional y de su liderazgo en el trabajo.

Los riesgos químicos son debidos a factores intrínsecos a los propios productos y a factores externos a los mismos, por fallos de las instalaciones o de la organización o por un comportamiento humano inadecuado por falta de información y formación. Los fallos básicos u originarios son siempre errores o deficiencias de tipo organizativo. Con la implantación de un sistema de gestión del riesgo químico se pretende establecer una serie de procedimientos y estrategias asumidas por todo el personal que garanticen un adecuado control de los posibles riesgos, dentro de la variabilidad de procesos y tareas y de la propia dinámica de cambios en la empresa.

La prevención de riesgos laborales, de la misma forma que ha sucedido en otras disciplinas próximas como la calidad y el medio ambiente, se enmarca en una línea de normalización que, aunque no obligatoria, complementa a lo establecido reglamentariamente. Tal es el caso de las normas OHSAS 18001 sobre el sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales. La serie de normas ISO-9000 sobre la calidad han sido las primeras en estandarizar en el ámbito internacional los procedimientos para asegurar la calidad de productos, mientras que las normas ISO-14.000 y el reglamento EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*) a nivel internacional sobre medio ambiente responden a una estructura similar. En España, la Ley 31/1995 sobre Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y el RD 39/1997,

AL IGUAL QUE EN CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE, EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES TAMBIÉN EXISTE UN PROCESO NORMALIZADOR



procedimientos de actuación (ver figura 1). Dichas normas suelen aplicarse en aquellas empresas que tienen certificado su sistema de calidad y con ello pretenden conseguir una mayor coherencia y unificación procedural. No obstante, hay que destacar que tanto la propia LPRL como las directrices de la Organización Internacional de Trabajo sobre sistemas de gestión de la prevención establecen pautas claras de actuación para el desarrollo de un modelo de actuación preventiva en la empresa, aunque respetando la libertad de proceder del empresario para adecuar tal acción preventiva a las peculiaridades de cada organización.

Este paralelismo en el proceso normalizador de los tres campos de actuación preventiva contribuye significativamente a lo que se denomina “gestión integral del riesgo”, aunque cada uno de ellos ofrece sus peculiares características y aportaciones que es conveniente preservar. En el presente capítulo se ofrece una visión general e integrada sobre los aspectos básicos que permiten una correcta actuación preventiva sobre el riesgo químico.

## PRINCIPIOS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA

El artículo 15.1 de la LPRL establece los principios generales de actuación preventiva (ver figura 2) y el artículo 4 del RD 374/2001, los principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos. Todos ellos se comentan de manera sintética a continuación.

Reglamento sobre Servicios de Prevención (SP), emanados de criterios consensuados en la Unión Europea, asumen también elementos básicos de gestión inspirados en las citadas normas de calidad. Complementariamente, el RD 374/2001 para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con los Agentes Químicos establece las disposiciones específicas para una adecuada gestión del riesgo químico.

Las normas internacionales OHSAS 18001 sobre el sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales, inspiradas totalmente en las citadas normas de calidad y cada vez más aplicadas, facilitan un esquema lógico de elementos y

Hay que evitar el uso de sustancias en condiciones que sean peligrosas y adoptar medidas de prevención intrínseca que imposibiliten la materialización de los peligros o eviten la exposición a los mismos. Las medidas de prevención que eviten el riesgo, minimizando su probabilidad de materialización, se antepondrán siempre a las medidas de protección destinadas a reducir los posibles daños personales o materiales. Son medidas para evitar riesgos: la sustitución de productos químicos peligrosos por otros que no lo sean, trabajar en condiciones de proceso en las que los productos y sus efectos sean menos peligrosos por razones ambientales de presión y temperatura, diseñar instalaciones o procesos intrínsecamente seguros o, en último término, evitar la exposición o el contacto de los trabajadores a los productos peligrosos.

Los riesgos por agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán, según el RD 374/2001, mediante:

- a) La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo. En la distribución de puestos de trabajo hay que procurar que el número de trabajadores expuestos sea mínimo y que también lo sea el tiempo de exposición de cada uno de ellos. Del mismo modo, una correcta concepción y organización del trabajo limitará la cantidad de agentes químicos peligrosos a la estrictamente necesaria por las exigencias del proceso y a limitar o eliminar la manipulación manual.
- b) La selección e instalación de los equipos de trabajo. Las instalaciones y equipos han de ser herméticos en la medida de lo posible y han de estar diseñados teniendo en cuenta la propia peligrosidad de los productos así como el entorno en que han de ubicarse.
- c) El establecimiento de los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar con agentes químicos peligrosos, así como para la realización de cualquier actividad con los mismos. Los procedimientos de trabajo son fundamentales tanto para evitar la exposición innecesaria de trabajadores como para reducir el riesgo cuando la eficacia preventiva dependa de la correcta actuación del trabajador.
- d) La adopción de medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza. Las buenas prácticas de higiene personal y el cuidado de la ropa de trabajo es un requisito elemental cuando exista la exposición a agentes químicos. El orden y la limpieza, desde la propia concepción de los lugares de trabajo, facilitando la eliminación, drenaje o neutralización de posibles derrames, a los procedimientos de

### Evitar los riesgos

#### PRINCIPIOS DE LA ACTUACIÓN PREVENTIVA

Evitar los riesgos

Evaluuar los riesgos que no se pueden evitar

Combatir los riesgos en su origen

Adaptar el trabajo a la persona

Tener en cuenta la evolución de la técnica

Sustituir lo peligroso por lo que entraña poco o ningún riesgo

Planificar la prevención

Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual

Dar instrucciones a los trabajadores

Figura 2

actuación necesarios, contribuirán a generalizar comportamientos más saludables y a minimizar la exposición por entornos poco cuidados.

- e) La reducción de las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.
- f) La reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- g) La reducción al mínimo de la duración e intensidad de las exposiciones.

---

**Evaluar los riesgos que no se pueden evitar**

El artículo 3 del RD 374/2001 trata ampliamente sobre la evaluación de riesgos por agentes químicos y a este tema se le dedica un capítulo aparte. Se refiere a la importancia de disponer de la información previa necesaria, que el proveedor tendrá que suministrar para poder proceder a la evaluación, la utilización de los Valores Límite Ambientales y Biológicos como parámetros clave de referencia, el conocimiento preciso de las cantidades utilizadas o almacenadas, el tipo, nivel y duración de la exposición tanto en condiciones normales como ocasionales u accidentales, así como cualquier otra condición de trabajo que influya sobre el riesgo, el efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse y las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de los trabajadores y de los accidentes o incidentes acontecidos.

La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con los citados Valores Límite, adaptándose el procedimiento de medición a la naturaleza de cada uno de tales Valores. La normativa establece criterios claros para el procedimiento de medición y la estrategia de medición con vistas a la fiabilidad de los resultados de la evaluación. Sin embargo, en determinadas situaciones, fundamentalmente cuando se trata de la utilización de cantidades pequeñas de productos o puede demostrarse que se han adoptado medidas de prevención y protección adecuadas y siempre que la reglamentación no lo exija de manera fehaciente, las mediciones pueden no ser necesarias.

En función de la gravedad de las consecuencias y de la probabilidad de que se materialice el riesgo, se aplicarán métodos de evaluación reconocidos por su idoneidad y solvencia, que permitan clasificar los riesgos por su importancia y priorizar las medidas preventivas a adoptar a través de acciones planificadas y organizadas. Hay que tener en cuenta que la confluencia de

variables que determinan el riesgo químico, sobre todo en procesos industriales, requiere la aplicación de métodos de evaluación más complejos, de tal forma que se facilite la profundización en la interrelación de causas de anomalías o desviaciones en los procesos y de sus posibles consecuencias. Métodos específicos de evaluación, como el Hazop (Hazard Operability Process), u otros métodos, como los árboles de sucesos y los árboles de fallos y errores, son necesarios para evaluar riesgos, principalmente de accidentes en procesos químicos, en los que la relación causa-efecto no es evidente o inmediata y las consecuencias pueden ser importantes.

La evaluación deberá documentarse de acuerdo con lo establecido en el artículo 23 de la LPRL, el Reglamento de SP, el RD 374/2001 y otras reglamentaciones específicas, como la de agentes cancerígenos (RD 665/97, RD 1124/2000 y RD 349/2003), manteniéndose actualizada ante los cambios establecidos. Periódicamente, en función de la naturaleza y gravedad del riesgo y la posibilidad de que éste se incremente por causas que pasen desapercibidas, deberán volver a evaluarse los riesgos con el fin de asegurarse de que las medidas preventivas adoptadas son efectivas.

Por razones de eficacia en la acción preventiva es necesario actuar fundamentalmente en el punto preciso de aparición del riesgo, por ejemplo aislando las zonas de generación de contaminantes y captándolos con sistemas de extracción localizada, cuando sea necesario. Las medidas de protección colectiva serán siempre prioritarias ante las protecciones personales, cuyo uso debería quedar limitado a operaciones ocasionales, o cuando las medidas técnicas no garanticen el adecuado control del riesgo. Los equipos de protección personal dispondrán de certificación que asegure su idoneidad frente al riesgo en cuestión. Además de ello, el empleo de equipos de protección personal puede tener serias limitaciones, como es el caso del empleo de protecciones respiratorias no autónomas en situaciones en las que el contaminante no pueda ser percibido olfativamente, ya que entonces se limitan totalmente los mecanismos personales de detección y autoprotección, o exista en concentraciones ambientales relativamente altas.

---

#### **Combatir los riesgos en su origen**

Es necesario adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo y la producción. Si bien es necesario que las personas que manejen sustancias o instalaciones peligrosas tengan unas determinadas

---

#### **Adaptar el trabajo a la persona**

capacidades, un nivel de cualificación profesional y una formación específica para la correcta ejecución del trabajo, es necesario disponer de una concepción ergonómica de los puestos, para evitar no sólo riesgos de accidente y enfermedad, sino también una carga de trabajo excesiva e insatisfacción por una deficiente organización del trabajo. Las instalaciones de procesos químicos se diseñan sobre principios de racionalidad de distribución de equipos y conducciones, pero muchas veces no se tienen en cuenta las intervenciones ocasionales y de mantenimiento de las mismas, que han de realizarse en condiciones difíciles. La consideración de todas las tareas a realizar, tanto normales como ocasionales, facilitando los accesos y las plataformas de trabajo, así como los diferentes aspectos ergonómicos a tener en cuenta, contribuirá, además de a una mayor comodidad, a que las intervenciones puedan realizarse con mayor rapidez, eficiencia y seguridad.

---

**Tener en cuenta la evolución de la técnica**

Los avances tecnológicos están contribuyendo notoriamente a una mayor seguridad química. Así, la aplicación de sistemas informatizados para el control de las variables que gobiernan un proceso químico o los sistemas de detección continua de atmósferas peligrosas son ejemplos de cómo una mayor seguridad va asociada a una creciente exigencia de la fiabilidad y calidad de productos y procesos. Se trata en realidad de poner en cada momento los avances tecnológicos, no sólo al servicio de una mayor productividad, sino también en favor de la propia seguridad, ya que además ambos conceptos están estrechamente ligados. Ante la exposición a sustancias extremadamente peligrosas, como las carcinogénicas, la reglamentación exige de una manera clara y abierta la aplicación de soluciones preventivas que garanticen niveles mínimos de exposición de acuerdo con las tecnologías más avanzadas disponibles, lo que obliga a una constante búsqueda de nuevas soluciones.

---

**Sustituir lo peligroso por lo que entraña poco o ningún riesgo**

En sintonía con el principio anterior de «evitar riesgos», se trata de utilizar en los lugares de trabajo, y en la medida de lo posible, sustancias lo menos peligrosas posible tanto para las personas como para el medio ambiente. Ello implica necesariamente desarrollar las actividades de estudio e investigación, dentro de la propia organización y en relación con los conocimientos científicos existentes, para que el proceso de sustitución de sustancias sea realmente aplicado, en especial ante sustancias muy peligrosas. Un ejemplo de ello ha sido el uso generalizado de pinturas al agua, lo que ha permitido eliminar diversidad de riesgos tanto a trabajadores como a usuarios al haber

sido suprimidos los disolventes orgánicos, productos en su mayoría inflamables y tóxicos. En la actualidad también se ha limitado drásticamente el uso del tricloroetileno, un disolvente de empleo generalizado para el desengrase y limpieza, tras haberse verificado su efecto cancerígeno.

Se trata de buscar un conjunto coherente que integre la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo y las relaciones sociales. La planificación preventiva sobre el riesgo químico y en general sobre todo tipo de riesgo requiere, a partir de los propios resultados de la evaluación, definir objetivos, medios y estrategias para alcanzarlos y la medición y control tanto de las propias actividades preventivas como de sus resultados. Todo ello de una forma integrada en el conjunto de actividades de la empresa, implicando a todos sus niveles jerárquicos. Tanto la evaluación de riesgos como la planificación y demás acciones de seguimiento y control habrán de estar documentadas para asegurar la calidad de la labor preventiva.

Este principio, de general aplicación en la gestión de la prevención, adquiere una especial importancia en la gestión del riesgo químico, donde las medidas de protección individual se usan con mucha frecuencia, a veces sin un análisis previo suficientemente riguroso sobre su oportunidad, conveniencia y posibles alternativas eficaces de protección colectiva que han de ser siempre prioritarias (ver lo comentado en el punto dedicado a combatir los riesgos en el origen). La experiencia demuestra que la toma de decisiones sobre medidas protectoras frente al riesgo químico debe ser especialmente cuidadosa, aplicando una visión lo más amplia posible (eficacia, adecuación y coste).

Como se comenta más adelante, la formación e información a los trabajadores es absolutamente imprescindible en la gestión del riesgo químico y, dada su potencial gravedad, la constancia documental de lo que el trabajador debe saber y el registro conforme la acción de informar y formar se ha realizado correctamente es una verdadera necesidad. Tengamos en cuenta que el riesgo químico y las medidas preventivas ante el mismo, por sus características específicas, suelen no ser de fácil comprensión a través solo de una explicación verbal, requiriendo por ello un apoyo documental. En tareas críticas, por su complejidad, ocasionalidad y gravedad de sus consecuencias, las instrucciones que han de recibir los trabajadores habrían de ser escritas de forma clara y precisa.

---

**Planificar la prevención****Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual****Dar instrucciones a los trabajadores**

## ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA PREVENTIVO ANTE EL RIESGO QUÍMICO

La gestión del riesgo químico ha de formar parte de un sistema preventivo integrado en la función gerencial de la empresa, por lo que, en primer lugar, es imprescindible el compromiso de la dirección, evidenciable mediante actuaciones concretas que demuestren un verdadero interés por las personas y sus condiciones de trabajo. La dirección debe establecer los principios básicos de actuación y la importancia que otorga a la prevención de riesgos, dotándose de una organización con recursos humanos y materiales suficientes para el adecuado tratamiento del riesgo químico y definiendo las funciones y responsabilidades de toda la línea jerárquica. Son aspectos a considerar y que deben incluirse en las funciones de los puestos de trabajo: el diseño de instalaciones, la compra de materiales y equipos, la política de sustitución de productos peligrosos, la elaboración de procedimientos de trabajo, el control de las operaciones y de las diferentes áreas físicas de la empresa, entre otras.

La evaluación de riesgos es la actividad central del sistema y es la base de la planificación preventiva y de todas las actuaciones para la implantación de medidas preventivas y de seguimiento y control para garantizar su eficacia. La evaluación

inicial de riesgos no es una actividad cerrada, sino que debe tener una aplicación continuada, tanto para verificar periódicamente que las medidas preventivas siguen siendo adecuadas y están debidamente controladas, como para estudiar las necesidades surgidas en modificacio-

nnes o cambios sustanciales en los lugares de trabajo, incorporación de nuevos trabajadores o cambios de puestos de trabajo, cambios de productos o equipos y por daños específicos detectados en los trabajadores expuestos.

La planificación preventiva debe contemplar tanto las medidas preventivas y de protección colectiva e individual específicas frente al riesgo químico que les son exigibles a los puestos de trabajo de la empresa, como el conjunto de actividades preventivas básicas que deben implantarse para lograr un adecuado control de los riesgos. Todo ello debería quedar recogido en un documento denominado "Manual General de Prevención de Riesgos", que establece la política de prevención de la empresa, define las funciones y responsabilidades y describe el sistema de gestión de la prevención, orientando sobre las diferentes actividades preventivas a desarrollar y los documentos a utilizar. En la figura 3 se presenta una guía orientativa

LA GESTIÓN DEL RIESGO QUÍMICO FORMA  
PARTE DEL SISTEMA PREVENTIVO  
INTEGRADO A LA FUNCIÓN GERENCIAL  
DE LA EMPRESA

para su elaboración y que recoge los principales elementos del sistema o lo que la Ley de Reforma 54/2003 establece como Plan preventivo.

Después del Manual General de Prevención de Riesgos, cabría citar los procedimientos detallados para la ejecución de las actividades preventivas a implantar y en el tercer nivel documental se encontrarían las instrucciones o procedimientos de trabajo para aquellas tareas críticas que puedan representar riesgos considerables, por manipularse productos químicos peligrosos o realizarse operaciones específicas que tengan asociado un riesgo importante, integrando en tales instrucciones las normas de seguridad; finalmente, estarían los registros sobre los resultados obtenidos y las actividades realizadas. Respecto al riesgo químico, registros fundamentales de daños serían los accidentes por contacto o exposición a sustancias peligrosas acaecidos y sus causas, y los resultados de los controles ambientales por contaminantes químicos y del control de la salud de los trabajadores expuestos a los mismos, incluyendo el control de parámetros biológicos.

Cabe destacar las actividades básicas que la empresa debe desarrollar para asegurar un adecuado control de los riesgos. Por un lado están las actividades de control de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores (mantenimiento y revisión de instalaciones y equipos, revisión de lugares de trabajo y actividades peligrosas, y controles específicos de riesgos higiénicos por la exposición a agentes químicos). La vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a agentes químicos, con protocolos específicos de actuación, representa a su vez un conjunto de actuaciones exigibles y complementarias a los controles ambientales en determinadas situaciones de exposición a agentes químicos. Luego hay que considerar los controles de cambios de las condiciones de trabajo (modificaciones y adquisiciones de productos químicos y equipos, contratación de personal o cambios de puesto de trabajo, coordinación interempresarial y autorizaciones ante trabajos especiales). Finalmente estarían los controles ante eventos de especial importancia, como los accidentes de trabajo que deben ser obligatoriamente investigados y las situaciones de emergencia con su correspondiente Plan de emergencia debidamente documentado y que se trata al final del presente capítulo.

La calidad de la gestión y del propio sistema preventivo ha de controlarse mediante auditorías internas periódicas. Las empresas que dispongan de Servicio de Prevención propio serán auditadas periódicamente por un ente acreditado con el objetivo de certificar que la gestión preventiva desarrollada es correcta.

<b>ELEMENTOS DEL PLAN PREVENTIVO. ÍNDICE ORIENTATIVO PARA LA ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PREVENCIÓN Y LOS PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES PREVENTIVAS</b>	
<b>POLITICA DE PREVENCIÓN</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principios en que se basa la acción preventiva</li> <li>• Objetivos estratégicos de la prevención y objetivos anuales*</li> </ul>	
<b>ORGANIZACIÓN DE LA PREVENCIÓN</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modalidad de organización preventiva elegida *</li> <li>• Procedimiento de funcionamiento de sus órganos preventivos (Servicio de prevención/ Trabajador designado, Delegado de prevención, Comité de seguridad y salud)</li> <li>• Definición de las funciones preventivas del personal de la estructura, con vistas a la integración de éstas en las actividades cotidianas*</li> <li>• Consulta previa a los trabajadores o sus representantes sobre todas las acciones y elementos del sistema preventivo *</li> <li>• Reuniones sistematizadas de prevención</li> </ul>	
<b>EVALUACIÓN DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN PREVENTIVA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimiento de realización de la evaluación de riesgos en todos los puestos de trabajo*</li> <li>• Procedimiento de actualización de la evaluación de acuerdo a lo reglamentado Los resultados de la evaluación permitirán priorizar las medidas preventivas y su planificación (plazos de ejecución y responsables)</li> <li>• Seguimiento y control de acciones correctoras*</li> <li>• Programa anual de actividades *. Memoria anual</li> </ul>	
<b>INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información general de los riesgos de la empresa y de cada puesto o función y de sus medidas de prevención, así como de las medidas de actuación ante emergencias*. También debería informarse de los resultados de las acciones preventivas *</li> <li>• Comunicación de riesgos y sugerencias de mejora por parte de cualquier miembro de la empresa</li> <li>• Formación preventiva teórica y práctica específica del puesto de trabajo, en el momento de la contratación y cuando haya cambios (la formación debería ser continua)*. Deben determinarse los trabajos que requieren autorización *</li> <li>• Instrucciones de trabajo en tareas críticas*</li> </ul>	
<b>CONTROL DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO Y DE LA ACTIVIDAD DE LOS TRABAJADORES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección y revisión periódica de instalaciones y equipos peligrosos*</li> <li>• Revisión de lugares de trabajo (orden y limpieza)</li> <li>• Observación del trabajo en actividades peligrosas</li> <li>• Control específico de riesgos higiénicos*, ergonómicos y psicosociales</li> </ul>	
<b>VIGILANCIA DE LA SALUD</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de vigilancia de la salud, cuando sea exigible*</li> <li>• Certificados de aptitud, cuando sean exigibles*</li> </ul>	
<b>CONTROL DE CAMBIOS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificaciones y adquisiciones (Equipos de protección individual, productos químicos y maquinaria)</li> <li>• Contratación de personal o cambio de puesto de trabajo</li> <li>• Coordinación interempresarial. Información mutua de riesgos graves*</li> <li>• Autorizaciones de trabajos especiales*</li> <li>• Consignación de máquinas especialmente peligrosas e instalaciones fuera de servicio*</li> </ul>	
<b>CONTROL DE EMERGENCIAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de emergencia*</li> <li>• Primeros auxilios</li> </ul>	
<b>NOTIFICACIÓN E INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de accidentes e incidentes*</li> <li>• Registro de accidentes y enfermedades profesionales y su notificación a la autoridad laboral *</li> </ul>	
<b>REVISIÓN DEL SISTEMA. AUDITORÍA DEL PLAN PREVENTIVO</b>	
<p>Es conveniente que, independientemente de las auditorías reglamentarias*, se realice internamente en la empresa una evaluación periódica de la eficacia de los diferentes elementos y actividades que conforman el Plan preventivo.</p>	
<p>* <i>Registros documentales reglamentarios</i></p>	

Figura 3.

## COORDINACIÓN INTEREMPRESARIAL

Cada vez más las empresas focalizan su quehacer en aquellos campos de actuación que son esenciales en su actividad, o sea, lo que constituye el corazón de la empresa; por ejemplo, en la industria química, la I+D, la eficiencia de sus procesos químicos, la calidad de sus productos, etc., trasladando a otras empresas contratadas la prestación de servicios considerados complementarios, por ejemplo: el mantenimiento de determinadas instalaciones, los proyectos de ampliaciones y las obras de edificación y montajes, limpieza y reparación de instalaciones, etc. Ello conlleva que deban convivir en un mismo centro de trabajo, y en determinados períodos, trabajadores pertenecientes a diferentes empresas que puedan estar expuestos todos ellos a riesgos generados por la actividad de una u otra empresa o por la coexistencia de ambas. Accidentes muy graves han sucedido en la industria química y en la de proceso en general por fallos de coordinación. Son frecuentes los accidentes graves por intervenciones en instalaciones al realizar trabajos de reparación y limpieza en las mismas sin estar en las debidas condiciones, al no haber puesto los medios necesarios la empresa principal.

El art. 24 de la LPRL sobre Coordinación de actividades empresariales se desarrolla reglamentariamente en el RD 171/2004. Este RD establece que cuando concurren trabajadores de varias empresas en un mismo centro de trabajo, así como trabajadores autónomos, tendrán el deber de cooperar entre ellos, existan o no relaciones jurídicas entre sí. Deberán informarse sobre los riesgos específicos, antes del inicio de las actividades, cuando se produzca algún cambio o cuando se haya producido alguna situación de emergencia. Cuando además alguno de ellos dé lugar a riesgos graves o muy graves, será facilitada dicha información por escrito. Los empresarios concurrentes establecerán los medios de coordinación para la PRL y cada uno informará a sus respectivos trabajadores.

Si en el centro de trabajo donde concurren trabajadores de varias empresas, uno de los empresarios es el titular, el RD dispone que, además de todo lo anterior, el titular deberá informar antes del inicio de las actividades sobre los riesgos propios del centro y las medidas de emergencia que se deben aplicar, y será por escrito cuando estos riesgos sean graves o muy graves, lo mismo que las instrucciones en caso de emergencia. Dicha información e instrucciones las comunicará cada empresario a sus trabajadores.

Además el RD contempla que cuando existe un empresario principal, éste deberá vigilar el cumplimiento de la normativa de PRL de contratistas o subcontratistas correspondientes a su

propia actividad y en su propio centro de trabajo, a los que exigirá por escrito, antes del inicio de la actividad, la evaluación y planificación de la actividad preventiva, así como haber dado la información y formación en esta materia a sus trabajadores.

La empresa titular/principal deberá hacer un seguimiento de las potenciales contratas, estableciendo una valoración de las mismas basándose en una serie de requisitos de seguridad y salud exigibles. Esta valoración deberá ser revisada periódicamente teniendo en cuenta el resultado de los trabajos ya realizados. Algunos de los requisitos de seguridad y salud a tener en cuenta serían: existencia de una política, una planificación preventiva y una organización acorde a la actividad; cualificación del personal en prevención de riesgos laborales; resultados de la siniestralidad laboral, resultados de auditorías de prevención realizadas, etc.; algunos, que ya se han mencionado anteriormente, deben ser acreditados por escrito. En tal sentido deberían valorarse las ofertas recibidas contratando la más adecuada, en términos técnicos, organizativos y económicos.

Para que la empresa llegue a buen término con las empresas contratadas y subcontratadas, sería interesante que dispusiese de un procedimiento que contemplase los aspectos que se indican en la figura 4.

En este sentido el RD 171/2004 en su artículo 11 prevé posibles medios de coordinación entre empresas concurrentes, basados en el intercambio de la información, la celebración de reuniones periódicas conjuntas, con la participación de los órganos preventivos, la presencia de recursos preventivos y la adopción de medidas específicas conjuntas e instrucciones.

El contrato debería contener una cláusula específica sobre la obligatoriedad de la contrata de cumplir con lo requerido en el procedimiento anteriormente señalado, pudiendo la empresa principal llegar incluso a la rescisión de contrato en el caso de incumplimiento grave o incumplimientos repetidos de las normas de seguridad establecidas.

También aquellos trabajos ocasionales que entrañen riesgos graves, en los que puedan verse expuestas personas ajena a la instalación en la que se deba actuar, requieren autorización para garantizar una correcta comunicación y coordinación entre los responsables de la propia instalación y del trabajo a realizar, además de la presencia de recursos preventivos que señala el art. 32.bis de la LPRL. Este artículo especifica cuáles pueden ser estos recursos preventivos, incluso fija la posibilidad de que el empresario asigne este papel a uno o varios trabajadores de la empresa que cuenten con la capacidad y formación requerida que establece el artículo, contando con la posibilidad de que los

mandos sean los que controlen la ejecución de estas tareas. Los procesos químicos en los que intervengan sustancias peligrosas deberían disponer de la presencia de tales recursos preventivos.

#### ASPECTOS A CONTEMPLAR EN EL PROCEDIMIENTO DE COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES

- Información que debe suministrar a la empresa que ejecuta la contrata.
- Información e instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo, tanto los riesgos generales de la empresa como los específicos del área funcional donde se lleven a cabo las tareas.
- Medidas de prevención y protección correspondientes a dichos riesgos.
- Medidas de emergencia a aplicar.
- Necesidad u obligatoriedad de realizar las tareas según procedimiento de trabajo establecido.
- Definición explícita de la obligatoriedad de obtener permiso o autorización de trabajo para la ejecución de determinadas tareas por su especial peligrosidad.

La información que debería suministrar la empresa contratada a la principal/titular es:

- Evaluación de riesgos asociados a la actividad a realizar por la contratada. Planificación de la actividad preventiva.
- Medidas de prevención y protección que debe tomar el personal de la empresa principal/titular frente a esos riesgos.
- Relación permanentemente actualizada de operarios de la contratada, garantías de su formación en prevención de riesgos laborales y cualificación acorde a las tareas a realizar.

Además, los medios conjuntos de coordinación empresarial serían los siguientes:

- Estudiar la incidencia de las tareas a realizar en los riesgos propios de la zona, su posible repercusión y la necesidad en su caso de evaluación y planificación conjunta de riesgos y medidas.
- Fijar cauces de vigilancia y control de cumplimiento de las medidas de prevención-protección establecidas, designando para ello interlocutores cualificados y estableciendo un programa de reuniones ordinarias y vías ágiles para convocar reuniones extraordinarias.

Figura 4.

### INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Estos principios, que se exponen detalladamente en los artículos 18 y 19 de la LPRL se tratan como obligaciones de la empresa y derechos de los trabajadores y se entienden como un complemento esencial para la prevención de riesgos, estipulándose algunos momentos en los que son necesarias: contratación, cambios y modificaciones tecnológicas y/o de puesto de trabajo.

El desconocimiento de los riesgos químicos en una actividad y/o de las medidas de seguridad y control de los mismos con-

vierten la actividad en peligrosa no sólo para quien la realiza, sino también para terceras personas (otros trabajadores, clientes, etc.). Si bien es necesario que la información del riesgo químico esté por escrito y que el trabajador sepa interpretarla fácilmente y actuar en consecuencia, también es imprescindible que la comunicación oral entre mandos intermedios y trabajadores se dé en los dos sentidos: de arriba a abajo, sobre cómo hacer frente a los potenciales riesgos, y de abajo a arriba, transmitiendo las circunstancias y factores determinantes de los riesgos tal como son percibidos por los trabajadores.

Es obligación del empresario facilitar información sobre los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo, tales como su denominación, los riesgos para la seguridad y salud, los Valores Límite de exposición profesional y otros requisitos legales que les sean de aplicación.

La información sobre el riesgo químico y las medidas preventivas básicas a tener en cuenta tienen varias vías reglamentarias de aplicación, todas ellas necesarias y ya citadas y que se detallan en el capítulo correspondiente a la identificación del riesgo químico: el etiquetado de los envases y las fichas de datos de seguridad. No hay que confundir esta ficha de datos de seguridad de productos, que debe facilitar el fabricante o proveedor a los usuarios del mismo siempre que se trate de productos clasificados como peligrosos, con la información escrita que debe recibir el trabajador para conocer los peligros de los productos que manipula y las precauciones a seguir en su manipulación. La forma de informar al trabajador no está reglamentariamente establecida, aunque es recomendable utilizar información clara y sencilla para que el trabajador conozca todo lo que debe saber a fin de que sus comportamientos sean seguros. Las fichas de seguridad de producto, tal como el RD 374/2001 establece, deben estar a disposición de los trabajadores para su consulta, siendo aconsejable que independientemente de estas fichas se les facilite a los trabajadores otras más simplificadas especialmente concebidas para que éstos dispongan de la información estrictamente necesaria. En resumen, es responsabilidad del empresario adecuar la información disponible a las necesidades preventivas del trabajador al que va destinada.

También pueden ser necesarios los procedimientos o instrucciones de trabajo, que se comentan más adelante, en especial en operaciones en las que se manipulen o procesen productos peligrosos. Por otro lado, todos los trabajadores, antes de incorporarse a su puesto y también de manera permanente, deben recibir la formación necesaria sobre los aspectos genera-

LA PREVISIÓN DE LAS REACCIONES  
QUÍMICAS ES UNA TAREA DIFÍCIL POR LA  
CANTIDAD DE PARÁMETROS QUE SE  
PONEN EN JUEGO

les y específicos del contenido de su trabajo y de las tareas a realizar y para que se adquieran y se mantengan hábitos seguros de trabajo. Los mandos intermedios deberían estar plenamente implicados en el proceso formativo de sus colaboradores. Las instrucciones de trabajo escritas les serán de gran ayuda como apoyo didáctico. Obviamente, la formación no debe utilizarse como un remedio que evite la necesaria eliminación de las posibles deficiencias de diseño de equipos, procesos y puestos de trabajo que no reúnan las debidas especificaciones de seguridad y salud en el trabajo.

Habida cuenta que en la realización de actividades peligrosas, como puede ser la manipulación de productos peligrosos, es exigible reglamentariamente la presencia de personas que dispongan como mínimo de una formación básica en prevención de riesgos laborales de 50 horas, es muy recomendable que los mandos intermedios, en cuyos ámbitos de trabajo se realicen tales actividades, dispongan de tal formación, para no tener que recurrir a personal foráneo.

En el éxito de un plan de información y formación influye el buen funcionamiento de los sistemas de comunicación y de participación interpersonales. Su eficacia contribuye, por un lado, a disminuir y tratar adecuadamente los malentendidos que cuestan tiempo, dinero y pérdidas de energía humana y, por otro, a que la prevención de riesgos sea una meta conocida por todos y se comparta la información relevante para alcanzarla.

## CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

La participación conjunta de empresa y trabajadores en la prevención y el control de riesgos es también fundamental. El trabajador debe tener un papel activo en la protección de su seguridad y salud, así la LPRL es taxativa al tratar de “los principios de prevención”, al establecer en el art. 18 apartado 2, la obligación del empresario de organizar la consulta y participación de los trabajadores en todas las cuestiones que afecten a su seguridad y salud, siendo muy recomendable que el empresario establezca un procedimiento documental para garantizar que ello se produzca en todas las situaciones que lo requieran. La participación activa de los trabajadores se pone de manifiesto a través de la identificación y comunicación de las situaciones de riesgo que encuentran en su actividad diaria, proponiendo mejoras para eliminarlas y/o controlarlas, con una buena disposición para mejorar su competencia, para respetar las normas y, en definitiva, comprometiéndose con la salud y la seguridad personal y ajena, cooperando en la elaboración y puesta en prá-

tica de los planes de prevención. Los representantes de los trabajadores no solo deberían ser consultados sobre el Plan preventivo, sino que deberían tener también un papel activo en su misma elaboración y en el seguimiento y control de su cumplimiento.

Hay que tener en cuenta que ante riesgos graves o inminentes como los que puede comportar el empleo de equipos o productos peligrosos, el empresario tiene la obligación de disponer de un procedimiento documental para que los trabajadores puedan comunicarlo inmediatamente a quien tenga las competencias y los medios de actuación para eliminarlos o minimizarlos.

## DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA PREVENTIVO

En el artículo 23 de la LPRL se especifica la documentación mínima sobre el Plan preventivo, que debe estar a disposición de la autoridad laboral, aparte de lo requerido por normativas específicas. Se expresa en los siguientes términos:

- a) *'Plan de prevención de riesgos laborales, conforme a lo previsto en el apartado 1 del artículo 16 de esta ley (...Este plan de prevención de riesgos laborales deberá incluir la estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para realizar la acción de prevención de riesgos en la empresa...').*
- b) *Evaluación de riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, incluido el resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores, de acuerdo con lo dispuesto en el párrafo a) del apartado 2 del artículo 16 de esta Ley.*
- c) *La Planificación de la acción preventiva, incluidas las medidas de protección y de prevención a adoptar y, en su caso, material de protección que deba utilizarse, de conformidad con el párrafo b) del apartado 2 del artículo 16 de esta ley (Si los resultados de la evaluación prevista en el párrafo a) pusieran de manifiesto situaciones de riesgo, el empresario realizará aquellas actividades preventivas necesarias para eliminar o reducir y controlar tales riesgos. Dichas actividades serán objeto de planificación por el empresario, incluyendo para cada actividad preventiva el plazo para llevarla a cabo, la designación de responsables y los recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución. El empresario deberá asegurarse de la efectiva ejecución de las actividades preventivas incluidas en la planificación, efectuando para ello un seguimiento continuo de la misma).*

*d) Práctica de los controles del estado de la salud de los trabajadores previstos en el artículo 22 de esta Ley y conclusiones obtenidas de los mismos en los términos recogidos en el último párrafo del apartado 4 del citado artículo.*

*e) Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo. En estos casos el empresario realizará, además, la notificación a que se refiere el apartado 3 del presente artículo (El empresario estará obligado a notificar por escrito a la autoridad laboral los daños para la salud de los trabajadores a su servicio que se hubieran producido con motivo del desarrollo de su trabajo, conforme al procedimiento que se determine reglamentariamente).*

La documentación debería ser elaborada, aprobada, difundida y actualizada de acuerdo con criterios coherentes con otros procedimientos documentales, como los que pudieran existir en ámbitos afines como el de Calidad y Medio Ambiente. La Dirección como máxima responsable es quien debe aprobar el propio Plan preventivo, consultado previamente con los representantes de los trabajadores, que con todos sus documentos y anexos deberían estar localizados en lugar determinado y accesible a sus usuarios. Evidentemente, la documentación podrá estar informatizada, facilitando enormemente con ello que pueda estar fácilmente a disposición de todos sus usuarios.

Cabría diferenciar dos tipos de documentación, la primera es aquella que tiene un carácter general, hasta cierto punto más intemporal, o sea, todo lo reflejado en el anterior punto a), que podría quedar recogido en un pequeño manual, como el apuntado anteriormente. Los procedimientos de las diferentes actuaciones preventivas, incluido el Plan de emergencia, estarían recogidos en el mismo, en caso de tratarse de una pequeña empresa, con vistas a simplificar el sistema documental. Igualmente podrían incluirse las normas generales de seguridad y salud en el trabajo. Es importante que el contenido del manual sea conocido por todos los trabajadores. Complementariamente debería disponerse en documento aparte un compendio de toda la reglamentación sobre prevención de riesgos laborales que afecta a la empresa.

El segundo tipo de documentación es la relativa al obligatorio Programa anual de actividades, sus objetivos específicos y actividades previstas, así como el registro de las acciones realizadas. Estaría incluida la evaluación actualizada de riesgos, la planificación preventiva para la aplicación de medidas y acciones preventivas, y los registros de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y la actividad de los trabajadores, de los cambios, y de los sucesos acontecidos (emergencias e investiga-

ción de accidentes); o sea, lo reflejado en los puntos anteriores b) y c) y, finalmente, los registros de la vigilancia de la salud y de lesiones, enfermedades e incidentes relacionados con el trabajo, puntos d) y e). Es muy recomendable la elaboración de una memoria anual que recoja y sintetice todo lo realizado.

En la figura 3 se han destacado aquellos procedimientos documentales de actividades preventivas de exigencia reglamentaria. No se han reflejado aquellos documentos o registros de exigencia obligatoria en la utilización de determinados agentes químicos con reglamentación específica. No obstante, la necesidad de un procedimiento escrito viene determinada por la complejidad de la actividad, la gravedad de los riesgos a los que enfrentarse y el mayor número de personas implicadas.

### **INICIATIVAS VOLUNTARIAS DE CONDUCTAS RESPONSABLES ANTE LOS RIESGOS QUÍMICOS**

La industria química ha sido uno de los sectores clave de nuestra sociedad que ha contribuido de manera determinante a la mejora de la calidad de vida de los países más desarrollados, pero en contrapartida ha generado importantes problemas medioambientales y accidentes catastróficos que están en la memoria de todos (Alfaques, Bhopal, Seveso, Basilea, San Juanicó, etc.). A consecuencia de ello se ha generado un rechazo de la sociedad constatado por el propio Consejo Europeo de la Industria Química (CEFIC), frente a lo cual la propia industria química ha ido reaccionando con iniciativas voluntarias de conductas responsables, habiendo sido puntera precisamente en este tipo de iniciativas. Se trata de aplicar una serie de códigos de conducta u otras iniciativas no prescritas por la ley, de cara a mejorar la eficacia de las empresas en relación con la salud laboral, la seguridad de producto, el medio ambiente y otras cuestiones afines. Actualmente se tiende a pensar que estas iniciativas voluntarias constituyen un nuevo instrumento de administración y política para abordar una mejor gestión integral del riesgo químico, de tal modo que ya no son solo las empresas quienes las fomentan sino también los gobiernos, que ven en esta combinación de reglamentación oficial e iniciativa privada un modo de obtener mejores resultados con más eficiencia y eficacia en función del costo que si se actuara únicamente por medio de una reglamentación basada en “exigir y controlar”.

Ha habido varias iniciativas internacionales sobre conductas responsables. Dos de las más significativas de aplicación en España han sido el Sistema Comunitario de Gestión y Auditorías

Medioambientales, EMAS, y el Compromiso de Progreso de la Industria Química (“Responsible Care”).

El EMAS fue establecido inicialmente por el Reglamento 1836/1993 del Consejo y posteriormente se ha aprobado un nuevo texto fruto de una primera revisión del anterior, mediante el Reglamento 761/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo. Por ello, el sistema de EMAS actualmente vigente es designado frecuentemente como “EMAS II” o “EMAS 2001”. Este sistema se estableció para mejorar la calidad de la gestión medioambiental en toda la industria europea, aunque actualmente está abierto a cualquier organización, para ayudar a las empresas a obtener ventajas competitivas a partir de estas mejoras y para comunicar sus progresos al público en general. Es un sistema voluntario, en el cual las empresas son registradas por los organismos competentes nacionales del EMAS, que en España pueden ser designados por cada Comunidad Autónoma. Para el caso de las organizaciones situadas en Comunidades que aún no han designado su propio organismo competente, la Administración General del Estado designa como organismo competente con carácter subsidiario a la Secretaría General del Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.

Para participar en este sistema, las empresas se ponen de acuerdo para elaborar un marco medioambiental de gestión y para aplicar cada una de las medidas siguientes:

- 1) Análisis medioambiental. Identificación de todos los factores de riesgos y sus potenciales repercusiones.
- 2) Sistema de gestión medioambiental. Responsabilidades, procedimientos y demás instrumentos para llevar a cabo la política y programa medioambiental. La norma internacional ISO 14001.2004 podría ser un buen instrumento de apoyo.
- 3) Ciclo de auditorías medioambientales. Auditorías periódicas para el control del cumplimiento del programa y de la eficacia de las acciones desarrolladas.
- 4) Declaración medioambiental. Como mínimo una vez al año la empresa deberá comunicar un resumen de lo más relevante de sus actuaciones (consumo de materias primas, utilización de energía, contaminación ambiental, accidentes químicos, etc.).

#### PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE EL EMAS Y LA ISO 14001

- El EMAS exige una mejora continua de la eficacia medioambiental, con vistas a reducir las repercusiones sobre el medio ambiente a unos niveles que no superen los que corresponden a un aplicación económicamente viable de la mejor tecnología disponible. En la ISO 14001 es solo una opción a considerar.
  - La verificación de la eficacia medioambiental constituye una exigencia del EMAS, mientras que en la ISO forma parte del capítulo de supervisión, medición y examen de la gestión.
- El EMAS exige la publicación de una declaración medioambiental con un contenido específico, en cambio la ISO 14001, no. Para ingresar en el registro del EMAS se requiere la verificación de una tercera parte de la declaración medioambiental y del sistema de gestión y auditoría medioambientales por profesionales acreditados. Por su parte, la ISO permite la certificación de una parte tercera, no especificada.

Figura 5.

5) Verificación. Esta declaración ha de ser validada por un verificador medioambiental acreditado por el EMAS. Las políticas a seguir, el programa, el sistema de gestión y el procedimiento de auditoría tienen también que ser verificados y conformes a las exigencias del plan.

En la figura 5 se destacan las principales diferencias entre el EMAS y la ISO 14001.

El Compromiso de Progreso es la iniciativa voluntaria de la industria química de ámbito global, por la cual las empresas, a través de sus federaciones o asociaciones nacionales, se comprometen a seguir una serie de principios. Tuvo su origen en la industria química canadiense en el año 1985 y se aplicó en el Reino Unido en 1989, seguido de una iniciativa europea por parte del Consejo Europeo de la Industria Química (CEFIC). En España se inició su implantación en 1993 y la Federación de Industrias Químicas Españolas (FEIQUE) es su representante. En la actualidad se aplica en 21 países de Europa occidental, central y oriental, y en un total de 47 países en todo el mundo, con muy diferentes niveles de desarrollo.

Cada programa nacional tiene que incorporar ocho elementos fundamentales, tales como:

- Un compromiso en firme de cada empresa respecto a un conjunto de *principios guía* firmados por la dirección.
- Una serie de *códigos y listas de comprobaciones* para ayudar a aplicar este compromiso.
- El progresivo desarrollo de unos *indicadores* para medir la mejora de la eficacia.
- Un proceso de *comunicación* en materia de salud, seguridad y medio ambiente con todas las partes interesadas, fuera de la industria.
- Facilitar *foros* en los cuales poder compartir puntos de vista e intercambiar experiencias.
- Adoptar un *logotipo* para identificar y difundir a quienes están asumiendo tal iniciativa (ver figura 6).
- Examinar cómo se puede *incitar* a todas las empresas a comprometerse seriamente y participar en la iniciativa.
- Introducir procedimientos sistemáticos para *verificar* la aplicación de elementos medibles y prácticos de las acciones emprendidas.

Los diez principios guía representan a su vez los valores sobre los que se funda-



Figura 6.

menta la filosofía o cultura de empresa que se pretende desarrollar. Se sintetizan a continuación:

- 1) Reconocer y responder a las preocupaciones de la comunidad en relación con los agentes químicos y las actividades.
- 2) Actuar en los centros de trabajo e instalaciones protegiendo el medio ambiente y la seguridad y salud de trabajadores y público en general.
- 3) Elaborar productos químicos que puedan ser producidos, transportados, utilizados y eliminados con seguridad.
- 4) Priorizar lo relativo a la salud, seguridad y medio ambiente en la planificación de nuevos productos y procesos.
- 5) Informar inmediatamente sobre los riesgos a las autoridades correspondientes, empleados, clientes y público en general, así como recomendar las medidas de protección pertinentes.
- 6) Aconsejar a los clientes sobre la seguridad tanto en el uso como en el transporte y eliminación de los productos químicos.
- 7) Contribuir a la generación de conocimientos, realizando o apoyando investigaciones sobre los efectos nocivos de los productos químicos.
- 8) Cooperar con los clientes, autoridades y grupos de personas afectadas para resolver problemas creados por el manejo y eliminación de sustancias químicas consideradas peligrosas.
- 9) Cooperar con las Administraciones en la elaboración de leyes y disposiciones reglamentarias para proteger la comunidad, el lugar de trabajo y el medio ambiente; tratar de garantizar que todo ello se fundamente en datos científicamente comprobados y en la opinión de expertos.
- 10) Promover estos principios y prácticas, compartiendo experiencias y ofreciendo asistencia a los que también producen, manejan, utilizan, transportan o desechan productos químicos.

Estos principios se aplican a través de unos códigos de prácticas de gestión o equivalentes, de los cuales hay actualmente seis. Tales códigos van acompañados de unas listas de chequeo para facilitar la comprobación de su cumplimiento. Sus títulos son los siguientes:

- Conciencia comunitaria y respuesta en casos de emergencia
- Seguridad de procesos
- Prevención de la contaminación

- Distribución y transporte
- Seguridad y Salud de los trabajadores
- Seguridad y tutela del producto

Las empresas adheridas al Compromiso de Progreso realizan autoevaluaciones de su labor en relación con cada uno de los códigos de prácticas de gestión, de carácter periódico y generalmente anual. Algunas empresas verifican y homologan sus progresos por una tercera parte profesionalmente calificada y los resultados, en ciertos casos, se ponen a disposición del público.

Los avances realizados en los últimos años en nuestro marco comunitario en materia de responsabilidad social corporativa, debidos a las crecientes exigencias de la sociedad, permiten vislumbrar un acrecentamiento de la cultura preventiva en las empresas. Así, la publicación del Libro Verde de la Comisión Europea, en el que se aboga por la importancia de la Seguridad y Salud en el Trabajo como factor de competitividad, y la promoción de los informes o balances anuales de triple base “*People, Planet, Profit*”, para complementar los balances económicos con los balances sociales y medioambientales, mediante modelos de análisis como el GRI (*Global Reporting Initiative*), están contribuyendo a ello. Muchas empresas químicas importantes han iniciado en estos últimos años la elaboración de tales informes que se pueden consultar a través de internet. La fiabilidad de datos aportados por tales informes es creciente, ya que empiezan a ser auditados por entidades auditadoras independientes.

## PLANES DE EMERGENCIA

En relación con las situaciones de emergencia, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece con carácter general, en su artículo 20, las disposiciones que figuran a continuación acompañadas con algunas explicaciones y comentarios:

*“El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa [cada empresa debe ajustar las medidas de emergencia a tomar a sus necesidades concretas], así como la posible presencia de personas ajenas a la misma [las obligaciones empresariales en materia de planificación de emergencias debe hacerse extensiva no sólo a sus trabajadores sino también a terceras personas que puedan encontrarse en la empresa], deberá analizar las posibles situaciones de emergencia [identificar, localizar y evaluar tales situaciones] y adoptar las medidas necesarias en materias de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas [organización de*

los recursos humanos para la optimización de los medios de protección instalados] y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento [necesidad de programar simulacros periódicos para comprobar el correcto funcionamiento de las medidas adoptadas, tanto en lo que respecta al buen estado del material, como al desempeño de las funciones de emergencia encomendadas a los trabajadores designados para formar parte de los equipos de intervención]. El citado personal deberá poseer la formación necesaria [teórico – práctica, es decir, formación y entrenamiento en el uso de los medios], ser suficiente en número y disponer del material adecuado [de control de la emergencia y, en su caso, de autosalvamento], en función de las circunstancias antes señaladas.

Para la aplicación de las medidas adoptadas, el empresario deberá organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas. [El concierto de este tipo de servicios externos para situaciones de emergencia es ya práctica común en empresas y actividades de alto riesgo o muy reglamentadas como industrias químicas afectas por el Real Decreto 1254/1999, centrales nucleares, etc.]”.

Estas disposiciones, que como se ha dicho son aplicables y exigibles con carácter general, tienen sus matizaciones cuando se trata de analizar situaciones de emergencia en las que intervienen o pueden verse afectados agentes químicos peligrosos y adoptar las medidas necesarias. Complementariamente a las obligaciones genéricas dispuestas en el artículo 20 de la LPRL, el artículo 7 del RD 374/2001 establece una serie de prescripciones ante posibles situaciones de emergencia provocadas por agentes químicos o en las que éstos pudieran verse involucrados. (Ver al respecto la Guía Técnica elaborada por el INSHT).

La elaboración de planes de emergencia, acordes y adecuados a las necesidades emanadas de la evaluación de riesgos, minimiza de manera importante la probabilidad de materialización de la situación de emergencia y, caso de que ésta se produzca, potencia extraordinariamente la efectividad de los recursos previstos y existentes, tanto materiales como humanos. Todo plan de emergencia ante el riesgo químico debe haber previsto, ante una situación de las consideradas, “qué se debe hacer”, “quiénes deben actuar”, “cómo deben actuar” y “con qué medios”, evitando que ante la aparición de alguna de tales situaciones se deba recurrir a la improvisación.

LA PLANIFICACIÓN DE SITUACIONES DE  
EMERGENCIA MINIMIZA LAS  
CONSECUENCIAS DE LOS ACCIDENTES Y  
TAMBIÉN REDUCE LA PROBABILIDAD DE  
QUE TENGAN LUGAR

Con ello se garantizará un control de la situación de emergencia con el mínimo tiempo de intervención (para que los daños a personas y bienes sean mínimos) y asimismo se asegurará una rápida evacuación de las personas de las áreas afectadas y los primeros auxilios necesarios para los posibles afectados.

Los planes de emergencia, obligación y compromiso ineludible de la Dirección de la empresa han de ser elaborados por técnicos especializados en prevención con la colaboración de los servicios técnicos del centro de trabajo o empresa, siendo importante también la colaboración de los trabajadores o sus representantes. Deben estar establecidos por escrito y, en cumplimiento del mandato explícito del artículo 18 de la LPRL, divulgados a todas las personas que pueden verse afectadas por los mismos.

EL PLAN DE EMERGENCIA DEBE ESTAR ESTABLECIDO POR ESCRITO

Existen disposiciones reglamentarias que, de manera específica, exigen y regulan la elaboración de planes de emergencia en edificios y locales de pública concurrencia. Asimismo, en el sector químico, existen disposiciones específicas para determinados establecimientos en los que se almacenan o manipulan sustancias peligrosas en cantidades por encima de los límites establecidos en el RD 1254/1999 por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (en el capítulo siguiente se desarrolla la gestión de los planes de emergencia en tales establecimientos).

El plan de emergencia debe considerar varios grados de emergencia:

- Conato de emergencia: Se considera como tal aquel del que se presume un control rápido con los medios humanos y materiales disponibles en el lugar donde se produce y que habitualmente no comportará la necesidad de evacuar a los presentes.
- Emergencia parcial: Se considera como tal aquella en la que se requiere ayuda de los distintos equipos de intervención de la empresa, formados, entrenados y equipados con los medios de intervención adecuados y que puede hacer necesaria la evacuación parcial de la zona en que se desarrolla el suceso.
- Emergencia general: Aquella en la que, previsiblemente, además de la intervención de todos los medios existentes en la empresa, puede requerirse la ayuda externa y que con toda probabilidad exigirá la evacuación de todos los ocupantes.

El Plan de emergencia debe contemplar la actuación precisa y ajustada a cada situación de emergencia. El Jefe de Emergencia, responsable de activar el plan y seguir la evolución de la

emergencia, será el que, basándose en la información puntual que el Jefe de Intervención le facilita desde el lugar en que ésta se desarrolla, tome las decisiones al respecto tanto en lo relativo a los equipos como a los medios de intervención necesarios para cada situación, así como en lo referente a solicitar ayudas externas y en determinar la necesidad y, en su caso, el momento de ordenar la evacuación general.

SE CONSIDERAN TRES GRADOS DE EMERGENCIA: CONATO, PARCIAL Y GENERAL



# Gestión de los riesgos químicos en la empresa. Riesgos específicos

7

## INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior se han revisado los aspectos generales de la gestión del riesgo químico en el marco de la gestión de la prevención de riesgos laborales en la empresa. En el presente capítulo se comentan seis aspectos concretos: la gestión de los riesgos de accidentes de origen químico; el control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, considerando especialmente el nuevo marco reglamentario; la gestión de situaciones de crisis; la gestión de los riesgos para la salud, con sus aspectos diferenciados de la gestión de la seguridad química; la gestión de los productos químicos en ambientes interiores y finalmente la gestión de los riesgos para el medioambiente.

## RIESGOS PARA LA SEGURIDAD

La gestión específica del riesgo químico conlleva actuar debidamente en todas y cada una de las fases que permiten finalmente lograr no solo el control del mismo, sino la aplicación continua de mejoras encaminadas a su eliminación siempre que ello sea posible o a su minimización.

Cuando las sustancias químicas peligrosas entran a formar parte de un proceso de reacción o transformación, se requiere un conjunto de actuaciones, desde su concepción inicial a su funcionamiento en circunstancias normales u ocasionales, sin descuidar finalmente su eliminación. Es importante asumir una concepción del ciclo de vida de sustancias, instalaciones y equipos para actuar de manera racional y respetuosa con quienes pueden verse potencialmente expuestos a sus peligros en un momento determinado. Por ello es necesario realizar un trata-

UNA CORRECTA ACTUACIÓN PREVENTIVA  
DEBE ABARCAR TODAS LAS FASES:  
INVESTIGACIÓN, DISEÑO, MONTAJE Y  
PRODUCCIÓN

miento integral que minimice riesgos en cada escenario concreto y en su globalidad. No hacerlo, aparte de los problemas éticos que conlleva ante las personas y la misma sociedad, generará costes económicos y sociales considerables.

### Investigación y desarrollo

Antes incluso de la fase de diseño de una instalación o proceso químico, es necesario disponer de los antecedentes y ensayos que aporten información sobre potenciales riesgos o situaciones que deben ser evitados o controlados.

En primer lugar debe recurrirse a las fichas de seguridad y bases de información química para conocer en detalle las propiedades fisicoquímicas de las sustancias en las condiciones en que éstas han de utilizarse y los datos específicos de peligrosidad, como inflamabilidad, toxicidad y reactividad, teniendo en cuenta también la inestabilidad e incompatibilidades de los productos y subproductos presentes o que puedan generarse. Cuando alguno de estos datos no esté disponible, y existen sospechas de su peligrosidad, se debe recurrir a ensayos normalizados en laboratorios especializados y debidamente equipados con el instrumental necesario. Aspectos importantes a considerar son las incompatibilidades y la inestabilidad por reacciones químicas incontroladas o por temperatura, que deberán estudiarse mediante ensayos calorimétricos o de otro tipo que permitan predecir su comportamiento en las condiciones de utilización. Una vez analizada esta información se estará en condiciones, adoptando las precauciones necesarias, de realizar las pruebas en

#### INFORMACIÓN QUE ES NECESARIO CONOCER EN LA FASE DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO

- Naturaleza de la reactividad química.
- Balances de masa y energía.
- Alteraciones en la composición y clasificación de materias primas.
- Influencias de las variables del proceso (presión, temperatura, pH) y determinación de sus límites.
- Posible entrada de agua, aire o sustancias extrañas al sistema y reacciones no deseadas que ello pueda ocasionar.
- Formación de contaminantes o subproductos tóxicos o peligrosos, de los cuales habrá que conocer sus valores límite ambientales, IPVS, etc.
- Aspectos físicos que puedan ser factores de riesgo, como inversiones de flujo, evaporaciones, cargas electrostáticas, etc.

Figura 1.

laboratorio, especialmente si no existe suficiente experiencia en reacciones o procesos químicos de las mismas características. En resumen, es preciso conocer las reacciones químicas y las operaciones básicas del proceso en cuestión en el que deban intervenir las sustancias químicas. Ejemplos de la información a disponer se dan en la figura 1. A todo ello debe ayudar un análisis del proceso y de sus alteraciones o variantes, asociado a su vez a un análisis histórico de accidentes y exposiciones documentadas.

Finalmente hay que indicar que, tras las correspondientes pruebas en laboratorio, es conveniente en muchos casos verificar en una instalación piloto, como paso previo y antes de actuar a una escala industrial, el comportamiento del proceso a desarrollar y la adecuación de las medidas de control previstas. Evidentemente, estas instalaciones piloto han de estar dotadas de las más completas medidas de control y de seguridad. Existen en nuestro país entidades públicas como organismos de ensayo y control, y universidades que facilitan instalaciones para la realización de pruebas piloto a una escala semiindustrial.

Por otro lado, cabe destacar la responsabilidad que la empresa tiene de realizar los estudios de peligrosidad necesarios para garantizar que todo producto antes de ofrecerse al mercado pueda ser utilizado por sus usuarios potenciales en condiciones seguras.

Ante todo, deben tenerse en cuenta los aspectos reglamentarios y de normas existentes, que deberán compatibilizarse con los mínimos de funcionalidad y diseño ergonómico establecidos para las intervenciones del personal.

La ingeniería de diseño debe tener en cuenta los criterios preventivos en la selección y diseño de instalaciones, equipos y aparatos de regulación y control, aplicando el criterio de redundancia ante posibles fallos. Asimismo, se debe considerar la información disponible sobre la vida media de todos los componentes para el correspondiente plan de renovación, teniendo en cuenta las condiciones de utilización, idoneidad y tolerancias a la corrosión interna y externa y la fragilidad por cambios térmicos, aparte de la correspondiente resistencia física y química.

Es necesaria la existencia de sistemas de seguridad y mecanismos de protección de las instalaciones ante posibles riesgos, y la aplicación, en la fase de diseño, de

DEBEN REALIZARSE ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS QUE NO SEAN CONOCIDAS

### Seguridad en el proyecto

EL CUMPLIMIENTO DE REGLAMENTOS Y NORMAS ES EL PRIMER PUNTO A CONSIDERAR EN LAS FASES DE DISEÑO Y MONTAJE

técnicas específicas para el análisis de riesgos, como los análisis funcionales de operabilidad (Hazop), en un trabajo interdisciplinar entre proyectistas, usuarios de la instalación y especialistas en los diferentes temas (producción, instrumentación, mantenimiento) incluidos los técnicos de prevención, calidad y medio ambiente.

También en esta fase deben elaborarse los manuales generales de operación de la instalación y determinar las exigencias de cualificación y formación de los trabajadores.

Es necesario prever que toda instalación no sólo debe estar concebida para un determinado periodo de vida, sino que es muy posible que por necesidades del propio proceso o por motivo de incorporación de avances tecnológicos deba someterse a modificaciones o ampliaciones. Por ello los criterios de racionalidad en la distribución espacial de instalaciones, especialmente conducciones de los diferentes fluidos, y equipos han de considerar tales aspectos, aparte de la necesidad de prever también los medios necesarios que faciliten las circulaciones y actuaciones ergonómicas del personal tanto en operaciones normales como ocasionales.

---

**Montaje, puesta en marcha y operación**

El montaje de las instalaciones debe efectuarse siempre bajo el cumplimiento de normas específicas reconocidas, especialmente las destinadas a la contención, procesamiento o transporte de sustancias peligrosas. Especial atención debe prestarse a las modificaciones de instalaciones en funcionamiento, por necesidades del propio proceso o como consecuencia de fallos o averías. Tales situaciones deberían estar siempre controladas por la dirección y no sólo por los responsables del mantenimiento o de la ejecución del trabajo.

La instalación tampoco debe entrar en funcionamiento sin que se disponga de las instrucciones específicas para el control del proceso y para la actuación en condiciones normales. Las desviaciones de las condiciones normales de operación también deben estar previstas y, cuando puedan desencadenar accidentes o daños de cualquier tipo, habrían de estar recogidas en los procedimientos de actuación.

Deben existir procedimientos para el control de las especificaciones de materias primas, productos intermedios, productos acabados, y un plan de gestión de los residuos. El control de la calidad de las materias primas es algo fundamental que toda empresa realiza, ya que es básico para la calidad del proceso que se derive con tales sustancias, pero es necesario no descuidar el controlar aquellas especificaciones de seguridad que puedan desviarse de las condiciones establecidas en el contrato de

compra y pudieran tener repercusiones desfavorables. No debe descuidarse vigilar además el correcto etiquetado de los contenedores y sus condiciones de seguridad, con especial atención a los contenedores de plástico, que han de estar homologados ante la peligrosidad de las sustancias y a su vez son de vida limitada. Además, la recepción de los productos debe venir acompañada de la hoja de datos de seguridad cuando ésta sea legalmente exigible por su peligrosidad.

Hay que tener en cuenta que las operaciones de puesta en marcha y parada de los procesos suelen ser momentos críticos debido a la posible coincidencia de fallos acumulados por deficiencias en el montaje o por errores de actuación o supervisión de los trabajos. Por ello, es necesaria la especial vigilancia y alerta de la organización ante posibles eventualidades. La puesta en marcha ha de ser gradual para evitar solicitudes que sean excesivas debido a posibles deficiencias que no han sido identificadas en la revisión exhaustiva de la instalación.

El programa de mantenimiento es básico para garantizar un correcto funcionamiento y un aceptable nivel de seguridad de las instalaciones y equipos de trabajo. Para ello debería disponerse de un sistema de registro de todas las revisiones que periódicamente deban efectuarse, así como de las actividades y comprobaciones a realizar y de las incidencias detectadas. Es necesaria la integración en las revisiones periódicas de los diferentes elementos de las instalaciones, el control de los dispositivos con funciones específicas de seguridad, no obstante es posible que algunos de tales dispositivos requieran pruebas específicas periódicas independientes, ya sea porque la reglamentación así lo establece, ya sea simplemente por razones de temporalidad diferente en las revisiones requeridas. El mantenimiento tiene dos componentes de actuación importantes: el **correctivo**, para sustituir o renovar elementos deteriorados, el cual no debería llamarse propiamente mantenimiento, y el **preventivo**, propiamente dicho, por el cual se vigilan y cuidan los elementos de la instalación para lograr que den una respuesta fiable durante el tiempo previsto, planificando su oportuna renovación. El mantenimiento preventivo incluye el aspecto predictivo que determina el momento en que los elementos han de ser sustituidos por otros nuevos, antes de agotarse su vida media, a partir de la información suministrada por variables que actúan como mecanismos de detección precoz de las anomalías. Una variable habitual de control predictivo son las vibraciones.

### Mantenimiento

EL MANTENIMIENTO ES BÁSICO PARA GARANTIZAR UN ACEPTABLE NIVEL DE SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS DE TRABAJO

No hay que olvidar que todos los elementos que tengan funciones específicas de seguridad, por ejemplo: alarmas, válvulas de seguridad, sistemas de detección y control de atmósferas peligrosas, sistemas de ventilación, etc., deben tener asimismo un riguroso programa de revisiones.

Las inspecciones y revisiones de las instalaciones y lugares de trabajo deberían ser ejecutadas por personal competente, conocedor de los riesgos y de las medidas preventivas a controlar. La tendencia es que personal cualificado de la instalación esté involucrado directamente en muchas de las revisiones, ya que ello les permite conocer con mayor profundidad sus condiciones de funcionamiento y los aspectos clave de necesario control. Además, es quien mejor podrá controlar los riesgos y las deficiencias a las que está expuesto, por ser conocedor de ellas a partir de su experiencia y sus propias vivencias, siempre que esté debidamente formado en la actividad preventiva en cuestión.

Dentro del programa de revisiones, juegan un papel importante las denominadas “observaciones planeadas del trabajo”. Con ellas se trata de detectar situaciones deficientes en la realización de las tareas, debidas fundamentalmente al comportamiento humano, por motivos diversos: incumplimiento o desconocimiento de un procedimiento, o utilización incorrecta de una herramienta o un equipo de protección personal, etc. Deben realizarlas los mandos directos con espíritu no punitivo, sino todo lo contrario, aprovechando la oportunidad de diálogo con la persona observada, a fin de intercambiar ideas de posibles mejoras y procurar que el trabajo pueda realizarse con mayor seguridad y eficacia y en las mejores condiciones de trabajo posibles.

### **Procedimientos de trabajo**

Los procedimientos o instrucciones de trabajo son documentos que recogen de forma clara y resumida las diferentes operaciones a realizar, así como los aspectos que se deben controlar para la correcta ejecución de una determinada tarea o actividad en la que pueden surgir incidentes que, por sus consecuencias, se trata de evitar. Algunas actividades típicas que requieren procedimientos de trabajo en el ámbito del riesgo químico son las que se comentan a continuación.

#### *Operaciones de mantenimiento y limpieza*

La ocasionalidad de los trabajos conlleva el que no se tomen las debidas precauciones y no se utilicen los medios adecuados. El personal de mantenimiento de una empresa es el que suele estar más expuesto a riesgos por la propia variabilidad y diversificación de sus trabajos.

*Situaciones en que se alteran los procedimientos normales de operación*

En la gestión del riesgo químico debe contemplarse siempre, además de la parada y la puesta en marcha, la existencia de otras operaciones (tomas de muestras, tratamientos especiales) que, aunque incluidas en el propio proceso productivo, no se realizan de manera continuada y que presentan una situación de riesgo más elevada que el resto del proceso.

*Situaciones conducentes a posibles emergencias*

Dentro del propio contenido del plan de emergencia, habría que prever aquellos incidentes que pudieran generar escenarios de accidentes graves, para seguir procedimientos que permitan conducir la instalación a condiciones seguras, y que las intervenciones de lucha frente a emergencias puedan desarrollarse minimizando riesgos y sobre todo sus consecuencias.

*Carga y descarga de productos químicos*

La mayoría de accidentes graves de origen químico ocurren en operaciones de manipulación y trasvase por proyecciones, contactos dérmicos e incendios por cargas electrostáticas y otros focos de ignición. Tanto las operaciones manuales de trasvase de sustancias peligrosas como las que se realizan en vehículos cisterna y todo tipo de estaciones de carga y descarga debieran estar reguladas mediante procedimientos escritos.

*Trabajos con autorización*

Dentro de los procedimientos de trabajo deben contemplarse los trabajos con autorización, tanto los del personal propio de mantenimiento como los llevados a cabo por personal foráneo a la instalación, en áreas en las que existen o pueden existir sustancias peligrosas. El desconocimiento del estado de la instalación o de las condiciones de seguridad del área de trabajo y la posible falta de comunicación entre las partes implicadas hacen necesario el establecimiento de autorizaciones o permisos de trabajo, que garanticen el conocimiento y la autorización por parte de todos los responsables del mismo, y la adopción de las medidas preventivas necesarias previamente y durante su realización. Las operaciones de riesgo elevado citadas, las que impliquen aporte de calor (soldadura u oxicorte) en lugares con peligro de incendio o explosión y la entrada en espacios confinados con limitada o carente ventilación son trabajos típicos que requieren autorización, aparte de que deban cumplirse procedimientos específicos en su ejecución.

*Intervenciones del personal ajeno a la instalación. Actividades de subcontratas*

En cuanto a los trabajos a contrata o subcontrata, el empresario titular del centro de trabajo deberá vigilar el cumplimiento de lo establecido por la LPRL en los artículos 24 y 28, lo que implica la adopción de las medidas necesarias para que aque-

llos otros operarios que desarrollen actividades en un centro de trabajo reciban la información y las instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes y con las medidas de protección y preventión correspondientes, así como sobre las medidas de emergencia que se deban aplicar.

LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO  
DESCRIBEN LAS OPERACIONES A REALIZAR  
Y LOS CONTROLES PARA LA CORRECTA  
EJECUCIÓN DE UNA DETERMINADA TAREA

car. En consecuencia, los procedimientos de trabajo deber estar claramente establecidos y ya en los contratos sería oportuno que figurasen las correspondientes cláusulas de exigencias de seguridad tanto técnicas como humanas y organizativas.

*Procesos químicos que entrañen riesgos graves de exposición*

Aunque puede incluirse en alguno de los anteriores apartados, cabe citar expresamente que toda operación o proceso químico que pueda entrañar riesgos no tolerables por exposición a sustancias químicas debería disponer de procedimientos de actuación.

**Características  
de los  
procedimientos  
de trabajo**

Los procedimientos de trabajo deben recoger, de forma ordenada y secuencial, las diferentes operaciones y referenciar, cuando sea preciso, el cumplimiento de otros procedimientos de tipo general que también pudieran ser exigibles en momentos o circunstancias determinadas. Por ejemplo, un procedimiento de carga de cisterna de un producto podría remitir al cumplimiento de otro procedimiento como el de la limpieza previa ante determinados tipos de productos que pudieran ser incompatibles antes de iniciar la carga propiamente dicha.

Es recomendable utilizar una simbología clara (si es necesario con pictogramas) para facilitar la interpretación de la descripción de la tarea a realizar, asegurándose de que no va en detrimento de la información necesaria. Los aspectos clave de seguridad en las diferentes operaciones deben estar totalmente integrados pero destacados de forma bien visible, evitando, en lo posible, diferenciar o separar los procedimientos de trabajo de las normas de seguridad a seguir en los mismos. Los procedimientos deben dejar muy claro, en su cabecera, cuándo y por quiénes deben ser cumplidos, su vigencia y su previsible revisión y actualización.

Los procedimientos de trabajo son decisivos para facilitar la formación inicial y continuada de los trabajadores y en especial lograr una mayor implicación de mandos y trabajadores en la correcta realización de las tareas. Si se ha procurado que en su elaboración participen de forma amplia quienes estén afectados, se logrará un alto grado de compromiso en su cumplimiento, además de que reflejarán con mayor coherencia y racionalidad la mejor manera de realizar un trabajo y cómo evitar incidencias y anomalías predecibles. La elaboración de procedimientos de trabajo es una actividad preventiva de extraordinaria utilidad si se ejerce adecuadamente. La existencia de un procedimiento escrito facilita enormemente el control periódico de la calidad y seguridad de las operaciones.

LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SON ESENCIALES ANTE EL RIESGO QUÍMICO AL FACILITAR LA FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES Y UN MEJOR CONTROL DE LAS OPERACIONES

Los procedimientos han de estar bien estructurados, de acuerdo con los criterios de normalización documental establecidos internamente. La norma ISO 9001 aporta criterios al respecto, siendo muy recomendable que se utilicen para unificar el sistema documental de procedimientos y registros de la empresa.

También existe otra vía de información reglamentaria sobre el riesgo químico cuyo incumplimiento está contemplado como sanción grave en el artículo 12.16 del Real Decreto Legislativo 5/2000; se trata de la señalización óptica de seguridad, que puede ser de varios tipos: señales de prohibición, señales de obligación, señales de advertencia, señales de salvamento y señales de equipos contra incendios. También dentro de las señales ópticas de seguridad están los avisos de seguridad, los colores de señalización, el balizamiento y el alumbrado de emergencia. Existen otros tipos de señales que ante el riesgo químico pueden ser extraordinariamente útiles y que se citan a continuación.

#### Señalización

La señalización acústica permite avisar de forma manual o automática de situaciones que requieren actuaciones inmediatas, no necesariamente de emergencia, por desviaciones en las condiciones del proceso. Ante la diversidad de señales acústicas que puedan confluir en una misma área de trabajo, es esencial su codificación clara y que puedan ser identificadas por todos sus destinatarios. Hay que prever posibles interferencias por ruido ambiental u otras señales de sonido simultáneo. La señalización olfativa no regulada reglamentariamente es imprescindible para facilitar la identificación de emanaciones o fugas de gases tóxicos que sean inodoros. Introduciendo agentes odorizantes se podrá, en muchos casos, alertar antes de que se alcancen atmósferas peligrosas. Finalmente está la señaliza-

LA SEÑALIZACIÓN ES UNA VÍA DE  
INFORMACIÓN FUNDAMENTAL Y  
COMPLEMENTARIA SOBRE EL RIESGO  
QUÍMICO

zación táctil, que en algunas ocasiones es útil, especialmente cuando la percepción visual pueda ser limitada.

En todo caso, la señalización, que debe ajustarse a lo establecido por el RD 485/1997, es una vía de información complementaria a otras vías de información directa y personalizada, siempre prioritarias. El anexo VII del citado reglamento establece una serie de prescripciones para la señalización de tuberías, recipientes y áreas de almacenamiento de sustancias y preparados peligrosos. En síntesis, se refiere a la exigencia de facilitar siempre la identificación de productos y su peligrosidad. El etiquetado que informa y señala la peligrosidad se fijará o pintará en sitios bien visibles de recipientes y tuberías, siempre que existan puntos de especial riesgo, como válvulas o conexiones, en su proximidad, a fin de evitar errores de actuación por desconocimiento de los peligros. Las etiquetas deberán ajustarse, cuando proceda, a lo dispuesto en el anexo III del citado reglamento.

Complementariamente al empleo del etiquetado en tuberías, se podrían señalizar éstas por medio de colores que caractericen la materia de paso según la norma UNE 1063:2000, equivalente a la norma DIN 2403:1984. Las materias de paso conducidas por tuberías se clasifican según sus propiedades generalmente en 10 grupos. En la figura 2 se muestra el color asignado a cada grupo en la citada norma UNE.

Hay que destacar que, aparte del RD 485/1997 sobre señalización en los lugares de trabajo, hay que tener en cuenta la reglamentación sobre etiquetado para la comercialización de sustancias y preparados peligrosos y la reglamentación que regula el transporte de mercancías peligrosas, que aportan elementos esenciales para señalizar e identificar peligros. Ambas reglamentaciones se tratan en otros capítulos.

## CONTROL DE LOS RIESGOS INHERENTES A LOS ACCIDENTES GRAVES EN LOS QUE INTERVENGAN SUSTANCIAS PELIGROSAS

El progresivo incremento de la producción industrial y de la peligrosidad de algunos productos o materias y ciertos procesos constituyen, en ocasiones, un riesgo potencial de emergencia en el interior de las instalaciones industriales y en su entorno.

En algunos países se han producido accidentes en establecimientos industriales dedicados a determinadas actividades industriales que han causado daños graves a personas, bienes y medio ambiente.

<b>ASIGNACIÓN DE LOS COLORES A LAS MATERIAS DE PASO CONDUCIDAS POR TUBERÍAS SEGÚN LA NORMA UNE 1063:2000</b>		
<b>Materia de paso</b>	<b>Grupo</b>	<b>Color</b>
Agua	1	Verde
Vapor de agua	2	Rojo
Aire	3	Gris
Gases combustibles	4	Amarillo o amarillo con color adicional rojo
Gases no combustibles	5	Amarillo con color adicional negro o negro
Ácidos	6	Naranja
Lejías	7	Violeta
Líquidos combustibles	8	Marrón o marrón con color adicional rojo
Líquidos no combustibles	9	Marrón con color adicional negro o negro
Oxígeno	0	Azul
Contra incendios		Rojo, borde blanco
Peligro		Naranja, borde negro

Figura 2.

Entre los muchos accidentes acaecidos están el incendio con explosiones BLEVE en Feyzin (Francia, 1966), el escape de dioxina en Seveso (Italia, 1976), el escape de ciclohexano y sucesivas explosiones en Flixborough (Inglaterra, 1974), la explosión de un camión-cisterna con bola de fuego junto al camping Els Alfacs (España, 1978), el escape de isocianato de metilo en Bhopal (India, 1984), el incendio con explosiones BLEVE en San Juanico (Méjico, 1984), etc.

En la entonces Comunidad Económica Europea (CEE), el accidente de Seveso fue el que hizo tomar conciencia de que las Administraciones Pùblicas debían iniciar actuaciones para controlar las instalaciones que pudieran dar lugar a accidentes de consecuencias tan graves. Entre estas actuaciones de la CEE destaca la Directiva 82/501/CEE, conocida como “Directiva Seveso”, promulgada por el Consejo de la CEE en 1982.

En España, antes de la entrada en la CEE se disponía de la Ley 2/1985 sobre Protección Civil, en la que se hacía referencia

a determinadas actividades peligrosas, a las que se les exigía una organización de autoprotección y un plan de emergencia interior para la prevención de riesgos y el control inmediato de los siniestros que pudieran producirse.

Posteriormente, con la incorporación de España como estado miembro de la CEE en enero de 1986, se transpuso la Directiva mencionada a nuestra legislación mediante el Real Decreto 886/1988, sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales.

En la CEE se dictaron dos nuevas Directivas, 87/216/CEE y 88/610/CEE, que modificaban la primera 82/501/CEE y fueron transpuestas mediante el Real Decreto 952/1990 por el que se modificaban los anexos y se completaban las disposiciones del RD 886/1988, sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales y, posteriormente, se aprobó la primera directriz básica. La experiencia de más de diez años en la aplicación de la Directiva 82/501/CEE (Directiva Seveso I) y el análisis de cerca de 130 accidentes ocurridos en la Unión Europea, motivó que la Comisión Europea revisara esa Directiva y aprobara la Directiva 96/82/CE, que se conoce como "Directiva Seveso 2" y que en nuestro ordenamiento jurídico se ha transpuesto a través del RD 1254/1999, de 19 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. Este RD ha sido modificado por los RD 119/2005 y 948/2005.

Posteriormente y tal como se contempla en la Disposición final primera del RD 1254/1999, a fin de proceder a su adaptación a los nuevos requisitos, se ha publicado el RD 1196/2003, por el que se aprueba la Directriz básica (DB) de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas. La DB es un documento que incluye los conceptos básicos, la información requerida para la elaboración de los planes de emergencia interior por los establecimientos industriales implicados, los planes de emergencia exterior por los organismos competentes de la Comunidades Autónomas, estudios de análisis de consecuencias por accidentes mayores, planificación de la medidas de protección, implantación y mantenimiento de los planes de emergencia exterior y demás información requerida para dar cumplimiento a las exigencias de la legislación citada y vigente en esas fechas.

## NOVEDADES Y ASPECTOS DESTACABLES DEL NUEVO MARCO REGLAMENTARIO SOBRE ACCIDENTES GRAVES

El RD 1254/1999 incorpora definiciones nuevas y establece importantes novedades respecto al marco normativo anterior

(RD 886/1988 y RD 952/1990) a los que deroga y sustituye. Entre esas novedades cabe destacar:

- Este RD es aplicable a los establecimientos en los que estén presentes sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a las especificadas en las partes 1 y 2 del Anexo I; entendiéndose por “presencia de sustancias peligrosas” su presencia real o prevista en el establecimiento o la aparición de las mismas que pudieran, en su caso, generarse como consecuencia de la pérdida de control de un proceso industrial químico.

Ello comporta una importante novedad con respecto a la legislación derogada ya que aquélla tenía como ámbito de aplicación las actividades industriales, mientras que el actual RD es aplicable a los establecimientos, lo que comporta ampliar el ámbito de aplicación a unidades de proceso o de almacenamiento que podían quedar fuera del alcance del RD 886/1988.

Se define como *establecimiento* “la totalidad de la zona bajo el control de un industrial en la que se encuentren sustancias peligrosas en una o varias instalaciones, incluidas las infraestructuras o actividades comunes o conexas”. A su vez, una *instalación* es: “una unidad técnica dentro de un establecimiento en donde se produzcan, utilicen, manipulen, transformen o almacenen sustancias peligrosas. Incluye todos los equipos, estructuras, canalizaciones, maquinaria, instrumentos, ramales ferroviarios particulares, dársenas, muelles de carga o descarga para uso de la instalación, espigones, depósitos o estructuras similares, estén a flote o no, necesarios para el funcionamiento de la instalación”.

- Se reducen las sustancias explícitamente enumeradas (de 180 sustancias se pasa a escasamente treinta), en favor de incrementar y sistematizar las categorías de sustancias y preparados y se incluyen además sustancias peligrosas para el medio ambiente. Para clasificar las categorías de sustancias y preparados remite a la legislación sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos y sobre fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas.
- Otra importante novedad la constituye la obligación, por parte de los industriales de los establecimientos afectados, de establecer e implantar una política de prevención de accidentes graves, que incluya los objetivos y principios con respecto a la prevención y control de riesgos, así como un sistema de gestión de seguridad que describa los distintos elementos puestos en marcha que permitan definir y aplicar la política de prevención.

Otras novedades son:

- la necesidad de tener en cuenta la ubicación de las instalaciones en la planificación urbanística,
- la atención especial a los accidentes con posible efecto “dominó”,
- el refuerzo de los sistemas de inspección,
- el potenciar y mejorar el flujo e intercambio de información sobre accidentes graves.

---

**Aspectos destacables del contenido**

Se considera *accidente grave* “Cualquier suceso, tal como una emisión en forma de fuga o vertido, incendio o explosión importantes, que sea consecuencia de un proceso no controlado durante el funcionamiento de cualquier establecimiento al que le sea de aplicación el presente Real Decreto, que suponga una situación de grave riesgo, inmediato o diferido, para las personas, los bienes y el medio ambiente, bien sea en el interior o exterior del establecimiento, y en el que estén implicadas una o varias sustancias peligrosas”.

La Directriz Básica define tres categorías de accidentes:

- *Categoría 1*: aquellos para los que se prevea, como única consecuencia, daños materiales en el establecimiento accidentado y no se prevean daños de ningún tipo en el exterior de éste.
- *Categoría 2*: aquellos para los que se prevean, como consecuencias, posibles víctimas y daños materiales en el establecimiento; mientras que las repercusiones exteriores se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.
- *Categoría 3*: aquellos para los que se prevean, como consecuencias, posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas y en el exterior del establecimiento.

---

**Autoridades competentes para el desarrollo y control del cumplimiento de la normativa legal**

Si bien el citado reglamento define funciones y establece competencias de aplicación de sus disposiciones tanto para la Administración del Estado como para la Autonómica y la Local, son las Comunidades Autónomas (CCAA) los órganos a los que se atribuye plena capacidad legal y técnica para el desarrollo y aplicación efectiva del RD, creando y estructurando para ello los adecuados sistemas de inspección y control de las empresas afectadas y asumiendo las competencias de elaboración y ejecución de los Planes de Emergencia Exterior (PEE).

En la Ficha de Divulgación Normativa (FDN) 21 publicada por el INSHT se enumeran y describen las líneas básicas de actuación de las distintas Administraciones.

Se define al industrial como “cualquier persona física o jurídica que explote o posea el establecimiento o la instalación, o cualquier persona en la que se hubiera delegado, en relación con el funcionamiento técnico, un poder económico determinante”. Los responsables de los establecimientos tienen, con carácter general, obligaciones en una doble dirección:

- Adoptar medidas de prevención, a fin de evitar la aparición de accidentes graves, y medidas de protección para limitar, en su caso, las consecuencias para las personas, los bienes y el medio ambiente.
- Colaborar con los órganos competentes de las CCAA y demostrar ante los mismos, en todo momento, que han tomado las medidas para la correcta aplicación del RD.

En la figura 3 se indica ante quién, cómo y cuándo se debe presentar la documentación requerida.

### Obligaciones generales y específicas para los industriales afectados

<b>TRAMITACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN REQUERIDA EN EL RD 1254/1999</b>	
<b>¿Qué se debe tramitar?</b>	Notificación que contenga los datos requeridos que figuran en el anexo II y que básicamente consisten en los datos de identificación de: <ol style="list-style-type: none"> <li>El industrial o responsable del establecimiento y la ubicación y localización precisa del establecimiento.</li> <li>El proceso/s tecnológico/s y las distintas sustancias que intervienen en el/los mismo/s, especificando las cantidades máximas de las mismas que puedan estar presentes.</li> <li>El entorno inmediato del establecimiento y, en particular, las instalaciones o explotaciones capaces de causar un accidente grave o de agravar sus consecuencias.</li> </ol>
<b>¿Dónde?</b>	Ante los órganos competentes de la Comunidad Autónoma donde radiquen las instalaciones
<b>¿Cuándo?</b>	Antes del comienzo de la construcción, dentro del plazo que determine la comunidad autónoma, que en ningún caso podrá superar un año desde el momento en que se solicitó la licencia de obra

Figura 3.

Una de las novedades importantes de la Directiva Seveso 2, y plasmada en el artículo 7 del RD que la transpone, es la obligación de los industriales de los establecimientos afectados de establecer e implantar una PPAG. Dicha obligación se extiende a todos los establecimientos afectados.

El objeto de la PPAG es el de garantizar un grado elevado de protección a las personas, a los bienes y al medio ambiente, a través de los medios, estructuras y sistemas de gestión apropiados. Debe ser establecida por escrito y mantenerse en todo momento a disposición de los órganos competentes de las CCAA.

### Política de prevención de accidentes graves (PPAG)

Su contenido deberá abarcar y reflejar los objetivos y principios de actuación del industrial con respecto a la prevención y control de los riesgos de accidentes graves.

El sistema de gestión de seguridad incluirá la estructura organizativa general, así como las responsabilidades, los procedimientos, las prácticas y los recursos que permitan definir y aplicar la PPAG. Contemplará los siguientes elementos:

- a) Organización y personal. Definición de funciones y responsabilidades del personal en materia de prevención y gestión de riesgos de accidentes graves en todos los niveles de organización, así como de necesidades formativas del citado personal.
- b) Identificación y evaluación de los riesgos de accidente grave. Adopción y aplicación sistemática de procedimientos de identificación de riesgos y de evaluación de consecuencias.
- c) Control de la explotación. Adopción y aplicación de procedimientos e instrucciones encaminadas al funcionamiento seguro, al adecuado mantenimiento y a paradas programadas de instalaciones, procesos y equipos.
- d) Adaptación de las modificaciones. Adopción y aplicación de procedimientos para los proyectos de las modificaciones a efectuar en las instalaciones existentes o en el diseño de nuevas instalaciones.
- e) Planificación ante situaciones de emergencia. Adopción y aplicación de procedimientos para identificar las emergencias previsibles según un análisis sistemático, así como elaborar planes de emergencia y comprobar la eficacia de los existentes, revisándolos cuando se precise y siempre ante la aparición de cambios.
- f) Seguimiento de los objetivos fijados. Adopción y aplicación de procedimientos e instrucciones encaminados a la evaluación permanente de los objetivos fijados, así como el desarrollo de mecanismos de investigación y de corrección en caso de incumplimiento. Los procedimientos deberán abarcar el sistema de notificación de accidentes graves.
- g) Auditoría y revisión. Adopción y aplicación de procedimientos para la evaluación periódica y sistemática de la política de prevención de accidentes graves y de la eficacia y adaptabilidad del sistema de gestión de seguridad.

La PPAG así como el sistema de gestión de seguridad serán revisados y, si es preciso, modificados por el industrial en caso de cambios en un establecimiento, instalación, zona de almacenamiento, procedimiento y forma de operación o de las características y cantidades de sustancias peligrosas que puedan te-

ner consecuencias importantes por lo que respecta a los riesgos de accidente grave.

Se exige a los industriales de establecimientos afectados de umbral más alto la obligación de elaborar un informe de seguridad y presentarlo ante el órgano competente de la CA para su evaluación. El IS tiene por objeto:

- a) Demostrar que se ha establecido una PPAG y un sistema de gestión de la seguridad.
- b) Demostrar que se han identificado y evaluado los riesgos de accidentes, con especial rigor aquellos que pueden dar lugar a consecuencias graves, y que se han tomado las medidas de prevención y protección necesarias.
- c) Demostrar que las instalaciones y equipos del establecimiento en que se utilizan o almacenan sustancias peligrosas presentan una seguridad y fiabilidad suficientes.
- d) Demostrar que se han elaborado los planes de emergencia interior (PEI) y facilitar los datos que posibiliten la elaboración del plan de emergencia exterior (PEE).
- e) Proporcionar información suficiente a las autoridades competentes para que puedan tomar decisiones en materia de implantación de nuevos establecimientos o de autorización de otro tipo de proyectos en las proximidades de los establecimientos existentes.

Los órganos competentes de las CCAA, utilizando la información recibida del industrial, determinarán los establecimientos o grupos de establecimientos en los que la probabilidad y las consecuencias de un accidente grave pudieran verse incrementadas debido a la ubicación y a la proximidad entre dichos establecimientos y a la presencia en éstos de sustancias peligrosas (efecto dominó). Al respecto establecerán protocolos de comunicación que faciliten, garanticen y regulen un intercambio muy activo de información entre los mismos, así como de cooperación en la información que se deba proporcionar a la población que pueda verse afectada por un accidente grave.

Asimismo, los órganos competentes de las CCAA establecerán políticas de ordenación territorial y limitaciones a la radicación de establecimientos a través de controles en:

- La implantación de nuevos establecimientos.
- Las modificaciones en los ya existentes.

#### **Informe de seguridad (IS)**

- Las nuevas obras en las proximidades de establecimientos, tales como vías de comunicación, zonas frecuentadas por el público, zonas de viviendas, cuando el emplazamiento o las obras ejecutadas pudieran aumentar el riesgo o las consecuencias del accidente grave.

Esta política de ordenación territorial persigue y busca asegurar que, a largo plazo, las distancias entre estas áreas y los establecimientos sean adecuadas y, donde ya coexistan estas áreas, se tomen medidas técnicas adecuadas para no aumentar el riesgo para la población.

Formarán parte del IS, juntamente con todos los datos que permitan cumplir con el objeto descrito:

- El documento en que se plasma la PPAG y el sistema de gestión de la seguridad.
- Los datos y la información especificada en la Directriz Básica (DB) que se estructura como sigue:
  - a) Información básica para la elaboración de planes de emergencia exterior (IBA):

Será obligatoria la presentación, por parte de los industriales, de una información de carácter general sobre el entorno, instalaciones, procesos y productos relacionados con la actividad industrial peligrosa del establecimiento. Dicha información relativa al entorno del establecimiento será completada por la Administración competente para la elaboración del plan de emergencia exterior (PEE).

En el anexo I de la DB se especifica el contenido detallado de la información básica para la elaboración de PEE y la misma se estructura en cuatro apartados:

1. Información sobre la zona de influencia: descripción de las características geográficas, geológicas, ecológicas, meteorológicas, demográficas y de edificaciones, usos y equipamientos de la zona de influencia del establecimiento, necesarias para la elaboración del PEE.

Una parte de la información debe ser aportada por el industrial y la misma debe ser complementada por la Administración competente.

2. Información sobre el polígono industrial: debe realizarse conjunta y solidariamente por todos los industriales que forman parte del polígono y por lo tanto será común para todos ellos. Para las industrias de nueva instalación se apor tarán sólo los datos específicos complementarios a los ya existentes.
3. Información sobre el establecimiento: debe contener toda la información relativa a las instalaciones, personas y pro-

cesos involucrados en la actividad industrial que se desarrolla en el establecimiento. Será aportada por el industrial a la Administración competente en la elaboración del PEE.

4. Información sobre las sustancias peligrosas: debe contener la información sobre las características físico-químicas y toxicológicas de las sustancias peligrosas involucradas en la actividad industrial desarrollada en el establecimiento.

**b)** Información sobre el sistema de gestión de seguridad y PPAG.

**c)** Análisis del riesgo. Presentará expresamente el siguiente contenido:

- Identificación de peligros de accidentes graves.
- Cálculo de consecuencias. Zonas de riesgo según valores umbráles.
- Cálculo de vulnerabilidad.
- Relación de accidentes graves identificados.
- Medidas de prevención, control y mitigación.

Los plazos de presentación del IS serán, para los nuevos establecimientos, antes de que se inicie su construcción o explotación y para establecimientos existentes que **no** estuvieran sujetos a los RD 886/1988 y 952/1990, en el plazo de tres años, a partir de la entrada en vigor del RD 1254/1999. Para los demás establecimientos, en el plazo de dos años, a partir de la entrada en vigor de dicho RD.

El órgano competente de la CA informará a la Comisión Nacional de Protección Civil de las decisiones adoptadas al respecto.

El IS deberá ser revisado y, en su caso, actualizado periódicamente, como mínimo cada cinco años o en cualquier momento, a iniciativa del industrial o a requerimiento de la autoridad competente, cuando surjan nuevos datos o nuevos conocimientos técnicos sobre seguridad.

El IS será revisado y, si es preciso, modificado por el industrial en caso de cambios en un establecimiento, instalación, zona de almacenamiento, procedimiento y forma de operación o de las características y cantidades de sustancias peligrosas que puedan tener consecuencias importantes por lo que respecta a los riesgos de accidente grave.

---

En todos los establecimientos sujetos al RD, el industrial debe elaborar un plan de autoprotección, denominado PEI, en el que se definen la organización y el conjunto de medios y procedimientos de actuación, con el fin de prevenir los accidentes de

**Planes de emergencia interior (PEI). Contenido**

cualquier tipo y, en su caso, limitar los efectos en el interior del establecimiento. Es obligación del industrial consultar al personal del establecimiento con carácter previo a la elaboración del PEI, en aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).

El contenido del PEI (figura 4) queda recogido en la citada Directriz Básica, debiéndose contemplar la identificación de los accidentes que justifiquen la activación, basándose en un análisis de riesgos acorde con su grado de afectación o el IS.

Asimismo se describirán los criterios para la activación del plan y se desarrollarán los procedimientos organizativos y operativos de actuación a realizar en caso de emergencia, considerándose como mínimo los casos de incendio, explosión, fugas de gases tóxicos y el vertido incontrolado de productos peligrosos.

Los plazos de presentación del PEI siguen el mismo esquema que lo especificado en el Informe de Seguridad.

#### CONTENIDO DEL PEI

El plan de autoprotección de un establecimiento afectado por el RD 1254/1999 tendrá, como mínimo, el siguiente contenido:

##### 1. Análisis del riesgo

- Descripción general
- Evaluación del riesgo
- Planos de situación

##### 2. Medidas y medios de protección

- Medios materiales
- Equipos humanos
- Medidas correctoras del riesgo
- Planos específicos

##### 3. Manual de actuaciones en emergencias

- Objeto y ámbito
- Estructura organizativa de respuesta
- Enlace y coordinación con el PEE
- Clasificación de emergencias
- Procedimientos de actuación e información

##### 4. Implantación y mantenimiento

- Responsabilidades y organización
- Programa de implantación
- Programa de formación y adiestramiento
- Programa de mantenimiento
- Programa de revisiones

Los criterios de cumplimentación de cada uno de estos puntos están desarrollados en el artículo 3.3.1.1 de la DB.

Figura 4.

La obligación de elaborar el PEE corresponde a los órganos competentes de las CCAA, a partir de la información y el apoyo proporcionados por los industriales de los establecimientos de umbral más alto, debiendo consultar a la población que pudiera verse afectada. Dicha información deberá ser proporcionada por los industriales en los mismos plazos establecidos para el IS y el PEI.

El PEE elaborado por los órganos competentes de las CCAA, en colaboración con los industriales afectados, tiene por objeto prevenir y, en su caso, mitigar las consecuencias de los posibles accidentes graves previamente analizados, clasificados y evaluados estableciendo las medidas de protección más idóneas, los recursos humanos y materiales necesarios y el esquema de coordinación de las autoridades, órganos y servicios llamados a intervenir.

La autoridad competente en la CA podrá decidir, a la vista de la información contenida en el IS, no elaborar el PEE, siempre y cuando se demuestre que la repercusión de los accidentes previstos en el IS no tiene consecuencias en el exterior. Esta decisión justificada deberá ser comunicada a la Comisión Nacional.

El contenido del PEE está recogido en la citada Directriz Básica. El director de la emergencia del PEI es el interlocutor con la autoridad competente del exterior. Contempla la notificación de los accidentes y también de aquellas incidencias que puedan ocasionar alarma social o puedan ser percibidas desde el exterior de las instalaciones.

En la figura 5 se resumen esquemáticamente los criterios de activación del PEE y las actuaciones previstas en el mismo.

La información a proporcionar por parte del Director de la Emergencia del PEI al Centro de Coordinación Operativa, CECOP, está protocolizada y el protocolo de notificación debe estar contemplado en el PEI. Su contenido es el siguiente:

- Identificación del establecimiento.
- Categoría del accidente.
- Instalación donde ha ocurrido e instalaciones afectadas o que pueden verse afectadas por efecto dominó.
- Sustancias y cantidades involucradas.
- Tipo de accidente (derrame, fuga, incendio, explosión, etc.).
- Consecuencias ocasionadas y que previsiblemente puedan producirse.
- Descripción de las medidas de emergencia interior adoptadas.
- Solicitud de las medidas de apoyo exterior necesarias para el control del accidente.

### **Planes de emergencia exterior (PEE)**

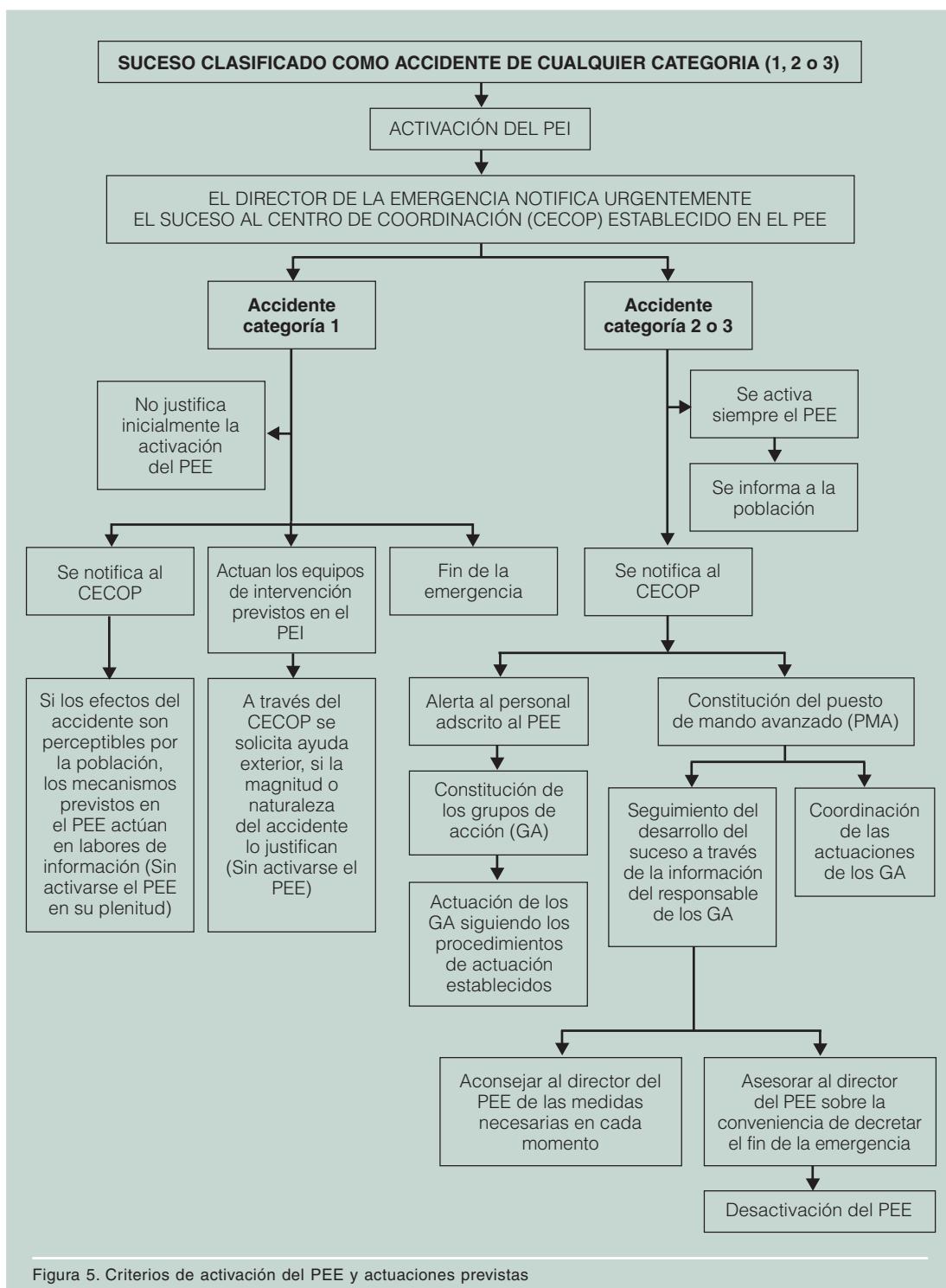


Figura 5. Criterios de activación del PEE y actuaciones previstas

Como se ha dicho, aquellos sucesos que sin ser un accidente grave produzcan efectos perceptibles en el exterior susceptibles de alarmar a la población (ruidos, emisiones, pruebas de alarmas, etc.) serán notificados utilizando los mismos medios empleados en los accidentes y utilizando un modelo de notificación que establecerá el PEE.

Con independencia de las revisiones del PEI contempladas en la DB, y que deben estar contenidas en el documento de implantación y mantenimiento del PEI, se incorpora como gran novedad la obligación de que los órganos competentes de las CCAA organicen un sistema que garantice la revisión periódica, la prueba y, en su caso, la modificación de los PEI y de los PEE, en intervalos de tiempo que no superen en ningún caso los tres años.

La población que pueda ser afectada por las consecuencias de un accidente grave tiene el derecho a ser informada, sin necesidad de solicitarlo, por las autoridades competentes en colaboración con los industriales de los establecimientos en que se inicie un accidente grave. Dicha información contendrá las medidas de seguridad que deben tomarse y el comportamiento o pautas a seguir en caso de accidente.

Esa información debe revisarse cada tres años y además, una vez actualizada, siempre que sea necesario incorporar datos nuevos o que sean modificados los existentes.

La autoridad competente en materia de información a la población es especialmente la Administración municipal a través de los Planes de Actuación Municipal, cuyo principal objetivo será el de la protección e información a la población.

La información estará permanentemente a disposición del público y así se hará constar a través de los medios que se utilicen para su comunicación o difusión. El contenido de la información que deberá facilitarse al público contendrá como mínimo:

- a) Nombre del industrial y dirección del establecimiento.
- b) Identificación, expresando el cargo, de la persona que dará la información.
- c) Confirmación de que el lugar cumple el RD 1254/1999 y de que se han entregado a la autoridad competente (autonómica) las notificaciones y declaraciones a que el industrial está obligado.
- d) Explicación en términos sencillos de la actividad que se lleva a cabo en el establecimiento.

#### **Revisiones de los planes de emergencia**

#### **Información a la población**

- e) Los nombres comunes o genéricos o la clasificación general de la peligrosidad de las sustancias existentes en el lugar que pudieran motivar un accidente grave, indicando sus principales características peligrosas.
- f) Información general relativa a los principales tipos de riesgos de accidente grave, incluidos sus efectos potenciales sobre la población y el medio ambiente.
- g) Información adecuada acerca de cómo se avisará e informará a la población en caso de accidente (en caso de hacerlo a través de emisoras de radio o televisión se facilitarán las frecuencias, los sistemas de alerta o megafonía, etc.).
- h) Información adecuada acerca de qué deberá hacer y cómo deberá comportarse la población afectada en caso de accidente.
- i) Confirmación de que el industrial está obligado a tomar las medidas adecuadas para evitar los accidentes, actuar en caso de accidente grave y limitar al máximo sus efectos.
- j) Referencia al PEE y su contenido para hacer frente a los efectos externos de un accidente.
- k) Detalles sobre cómo conseguir información adicional, respetando la confidencialidad prevista en la legislación vigente.

Asimismo, la autoridad competente someterá a trámite de información pública, con carácter previo a su aprobación o autorización, los siguientes proyectos:

- Proyectos de nuevos establecimientos o instalaciones afectados por el umbral superior.
- Modificaciones de establecimientos o instalaciones existentes de umbral superior y otros que, a consecuencia de la modificación, queden afectados por el umbral superior.
- Ejecución de obras en las inmediaciones de los establecimientos existentes.

La autoridad competente en cada caso remitirá a la Dirección General de Protección Civil y Emergencias la documentación acreditativa del cumplimiento de la obligación de información a la población.

## GESTIÓN DE SITUACIONES DE CRISIS

El impulso tecnológico actual propicia la continua aparición en el mercado de nuevos productos y su rápida incorporación a la sociedad. Este hecho constituye una importante oportunidad de negocio para las empresas productoras de los mismos, que deben competir entre ellas para que sus productos, fruto en gran parte de una misma base tecnológica, sean los más atrayentes

para un consumidor cada día más conocedor de sus necesidades y que valora no sólo las ventajas tecnológicas de los productos que se le ofertan, sino también la calidad de los servicios, la imagen, las relaciones interiores y exteriores, etc. de las diversas empresas que le están ofertando un mismo servicio.

Dentro de los avances tecnológicos actuales y formando parte de este complejo sistema relacional de las empresas con el público en general y particularmente con los clientes, reales o potenciales, ya sea de forma directa o indirecta, debemos hacer una mención muy especial a la aportación que los sistemas mediáticos, con sus organizaciones para la prospección, comunicación y difusión en tiempo real de noticias y comentarios a nivel local, nacional o internacional, facilitan a la sociedad informándola sobre cualquier evento de la actividad humana (financiero, técnico, productivo, social, etc.).

Es dentro de este contexto en el que la empresa actual, si quiere mantenerse y/o prosperar, no solo debe cuidar la calidad de sus productos y la de sus servicios, sino que debe así mismo mantener una imagen económico-social que sea atractiva para el posible cliente y fidelice al ya existente, adaptándose en cada momento a las necesidades del cambiante mercado en el que se mueve y en el que debe lograr mantener una posición lo más sólida posible, dentro de un contexto de equilibrios inestables.

La empresa sólo podrá conseguir el logro de este objetivo tras la identificación de todos aquellos parámetros que pueden crear una de estas situaciones, que de aquí en adelante denominaremos "*Situaciones de Crisis*", si mantiene una vigilancia constante de todos ellos y una organización interior que, al ser detectada una incidencia de este tipo, esté preparada para dar una respuesta coordinada, uniforme, coherente y adecuada a la importancia del evento, a su proyección, a las posibilidades de la empresa y muy especialmente de forma rápida y eficaz.

La creación de una herramienta empresarial entrenada y preparada para poder afrontar una situación de crisis se desarrolló originariamente en las empresas del ámbito químico. En la actualidad, dada la importancia que reviste para la empresa el estar preparada para poder hacer frente a cualquier situación de crisis y el que la misma puede surgir sea cual sea la actividad empresarial, su implantación se ha ido extendiendo a la práctica totalidad de las actividades, si bien su aplicación esta aún muy centrada en el mundo de la gran empresa.

Como síntesis de lo hasta aquí expuesto, referiremos la frase de Steven Fink:

"Hay que esperar siempre lo mejor, pero hay que prepararse para lo peor".

**Posibles desencadenantes de una crisis**

Existen varios parámetros y causas que pueden desencadenar una crisis.

*Posibles parámetros*

Para su determinación deben efectuarse por parte de empresas especializadas y/o por la propia empresa una serie de estudios de:

- *Situación de la empresa en el mercado:* debe evaluarse como punto de partida mediante estudios económico-financieros y valorar si puede ser atractiva para otras sociedades del sector, inversoras y/o financieras.
- *Situación de la actividad ante la sociedad:* debe evaluarse si el tipo de actividad que desarrolla la empresa está considerada por la sociedad como actividad peligrosa, molesta o insalubre, ya sea a nivel local (vecinos, polígonos industriales, municipios, etc.), nacional o internacional o si sus productos son motivo de rechazo social.
- *Contexto socioeconómico:* debe evaluarse el estado financiero, planes de regulación de empleo, gestión directiva, entorno laboral, etc. Este parámetro puede motivar la aparición de situaciones de crisis que se materializan generalmente en núcleos de presión sobre la estructura de la empresa.

Un mismo caso puede generar, dentro de distintos centros de una misma empresa, niveles de crisis diferentes, dependiendo de su ubicación.

*Posibles causas de crisis*

Partiendo siempre de la base de que los hechos alcanzan una difusión mediática, interna o externa, podemos indicar las siguientes causas:

*a) Causas sociales.* Pueden ser:

- Conflictos de base externa, entre los que se encuentran:
  - Terrorismo: es la ejecución de actos de sabotaje o posibilidad real de los mismos, realizados contra las instalaciones de la empresa por elementos terroristas motivados por la importancia, actividad y/o imagen de la empresa en el ámbito público o en el sector.
  - Intrusismo: es el acceso no autorizado de personas ajenas a las instalaciones de la empresa con ánimo de apropiación indebida, deterioro de la propiedad o de efectuar acciones reivindicativas generadas por el tipo de producto, por la imagen o la propiedad de la empresa.
  - OPA: es una acción de compra de la empresa, o prepara-

ción para la misma, realizada por otras empresas afines al sector o financieras.

- Deterioro de la imagen de la empresa y/o de sus productos en el medio social que la envuelve: se puede producir por acciones o sucesos ocurridos en otras localizaciones de la sociedad, por la producción de productos no aceptados por el público o que han provocado accidentes, etc.
  - Campañas de des prestigio empresarial: son campañas orquestadas para lograr el descrédito de la empresa a partir del de sus directivos.
  - Situación política (local, nacional o internacional): puede impulsar manifestaciones o actos en el entorno de la empresa, con el fin de lograr publicidad marginal por parte de quien los realiza.
- Conflictos de base interna:
    - Huelgas: son provocadas por situaciones socio-laborales de la empresa.
    - Políticas de empresa: provocadas por situaciones de relación laboral interna, por la aplicación de la Política empresarial, etc.
    - Deficiencias de productos: provocadas por productos defectuosos o con repercusiones perjudiciales para la sociedad, para la salud, para la seguridad de los consumidores o para el medio ambiente.
    - Características de los productos: Productos fabricados por la empresa, cuyas características primarias o secundarias pueden tener una repercusión negativa directa para la salud de los usuarios o consumidores, para el medio ambiente, etc., ya sea de forma real o supuesta.

b) *Causas técnicas:*

- Incendio
- Explosión
- Fuga de producto
- Accidente de transporte

Todos los conceptos someramente descritos hasta el presente pueden desencadenar una situación de crisis en la empresa. Para la prevención de su aparición y/o para paliar sus consecuencias, la empresa debe prepararse con antelación estudiando cada uno de los posibles casos y la eficacia de las medidas adoptadas como solución. Toda la preparación no será efectiva si no disponemos de una red de información (interna y/o externa) que, actuando en tiempo real, nos proporcione los datos necesarios para poder poner en marcha, en el momento oportuno,

no, todo el sistema de gestión de crisis y que nos mantenga permanentemente informados durante la duración de la misma.

### **Grados de la crisis**

Dado que la crisis presenta un fuerte componente social, que conlleva en sí misma una pérdida total o parcial de la credibilidad que la empresa posee dentro de la sociedad y que acostumbra a tener desde su inicio una cobertura mediática intensa, no siempre adecuadamente informada o incluso en algunas ocasiones desinformada involuntaria o voluntariamente por elementos ajenos generalmente a la empresa, se precisa para su resolución un equipo de personas especialmente entrenadas que trabajen de forma coordinada.

Al establecer los distintos grados de crisis se tienen en cuenta las consecuencias del evento y el ámbito de difusión del mismo en el área de influencia de la empresa, por lo que se podrían clasificar en tres niveles.

#### *Grado TRES*

- La situación de crisis afecta únicamente al entorno directo de la empresa y no afecta a su continuidad.
- Caso de ser un accidente, no existen heridos graves o mortales, ni más de tres leves.
- Las consecuencias del hecho que motiva la crisis no ha supuesto riesgo para las personas o bienes ajenos a la empresa o no son motivo de alarma social.
- La difusión mediática de la noticia no sobrepasa los límites de la zona, comarca o provincia de emplazamiento de la empresa.
- La situación no exige la obligatoriedad de ser comunicada a los órganos de la Administración o sólo a las Administraciones locales.
- Aunque la situación deba ser obligatoriamente comunicada a los órganos de la Administración, no exige de éstos una severa actuación de oficio.

#### *Grado DOS*

- La situación llega al conocimiento exterior de la empresa, podría llegar a afectar a su continuidad.
- Caso de ser un accidente, existen heridos graves o de tres a cinco leves.
- Puede existir un riesgo para personas o bienes ajenos a la empresa, si bien no se ha materializado o bien es motivo de alarma social.

- La situación puede comprometer el desarrollo de la empresa.
- La difusión mediática de la noticia sobrepasa los límites de la provincia y la difusión alcanza así mismo a los medios de comunicación nacional.
- Puede constituir un tema de “primera página” en los noticiarios.
- Es de obligada notificación a los órganos de la Administración.
- La notificación requiere la actuación de oficio de los órganos de la Administración.

#### *Grado UNO*

- La situación sobrepasa plenamente los límites de la empresa.
- Caso de ser un accidente, existen heridos graves o mortales o más de cinco leves.
- La situación compromete directamente la continuidad de la empresa y/o su desarrollo.
- La difusión mediática es total y aparece como noticia de primera página en los medios de difusión de ámbito nacional.
- Es de obligada comunicación a los órganos de la Administración, que actuarán de oficio para el esclarecimiento de las circunstancias.
- Existen posibles elementos hostiles que pretenden desacreditar a la empresa o bien obtener beneficios directos o indirectos con la situación.

La gestión de la crisis requiere su preparación con antelación a su posible aparición, de forma que al materializarse se disponga en la empresa de los medios y bases necesarios para hacer frente a la misma.

---

#### **Preparación para la gestión de la crisis**

#### *Medios necesarios*

Distinguiremos entre medios materiales y medios humanos.

En cuanto a los *medios materiales*, hay que disponer de una sala de crisis, que debe ser una dependencia de las oficinas centrales de la empresa o local afín y, a su vez, debe contar con los siguientes medios:

- Equipos: materiales informáticos, audiovisuales, telefonía, de oficina, etc. que permitan la recepción, preparación y transmisión de las noticias y comunicados elaborados.
- Materiales diversos: manual de crisis, planes de emergen-

cia, listas de personal propio, asesores, centros de emergencias, teléfonos de contacto, etc.

En cuanto a los *medios humanos*, hay que disponer de un gabinete de crisis que, en general y partiendo de la plantilla real de la empresa, se estructurará como sigue:

- Comité Base: está constituido por un mínimo de 2 personas que, entre otras cosas, han de decidir sobre la convocatoria del Comité de Crisis.
- Comité Local: si la empresa posee diferentes centros, se utilizará la estructura del centro donde se ha generado la crisis para constituir un Comité Local.
- Comité de Crisis: está constituido por el Comité de Dirección de la empresa con la totalidad de sus miembros o solo aquellos que la empresa considere necesarios para constituir el Comité.

La composición, funciones y funcionamiento de estas estructuras vienen reseñadas en la figura 6.

#### *Bases para el tratamiento de una crisis*

Una vez constituidos los equipos de crisis y establecidos los procedimientos de actuación, funciones y responsabilidades, cabe hacer especial mención de dos apartados primordiales para la realización de una gestión positiva de la crisis: la comunicación mediática y la gestión técnica de la crisis.

Las *comunicaciones mediáticas* que realice la empresa deben asentarse en las siguientes bases:

- Nivel de la información: la primera información sobre la situación o los hechos ocurridos debe ser facilitada por la empresa a los medios en el plazo más breve posible, a poder ser y como máximo dentro de las 6 horas siguientes al suceso. Esta información contendrá datos sobre la dimensión del riesgo percibido por el público y el riesgo real que ha existido o existe. En las informaciones posteriores se indicarán las características del siniestro y las labores encaminadas a paliar el problema.
- Veracidad de la comunicación: no se debe mentir en los comunicados mediáticos ni elaborar teorías precipitadas o facilitar informaciones a medias.
- Claridad de la información: la información ha de darse de forma clara, concisa y comprensible para el público en general, evitando vocabulario técnico o rebuscado.
- Igualdad de información: la información ha de suministrarse a los medios en general, preferiblemente a agencias de noticias, siempre a varias de ellas a la vez evitando en todo momento las exclusivas.

<b>ORGANIZACIÓN DE LOS COMITÉS DE CRISIS</b>			
<b>Tipo de Comité</b>	<b>Composición</b>	<b>Funciones</b>	<b>Funcionamiento</b>
Base	2 personas mínimo (una de ellas es el Portavoz del Comité Central)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de los grados de crisis.</li> <li>• Convocar al Comité Central en caso de Crisis de grado DOS y UNO.</li> <li>• Apoyo técnico del Comité Local.</li> <li>• Comunicación mediática directa en Crisis de grado DOS y UNO y, en su caso, de grado TRES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de la información de la situación.</li> <li>• Evaluar posibles consecuencias.</li> <li>• Determinar Grado Crisis.</li> <li>• Tomar medidas inmediatas para casos de extrema urgencia.</li> <li>• Seguimiento comunicaciones mediáticas.</li> <li>• Convocar Comité de Crisis.</li> </ul>
Local	Comité de Dirección del Centro de Trabajo (uno de ellos es el Portavoz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento de las Crisis de Grado TRES.</li> <li>• Comunicación de la crisis al Comité Base.</li> <li>• Comunicación continua al Comité Central de la evolución de la Crisis.</li> <li>• Comunicación a los medios en crisis grado TRES.</li> <li>• Comunicación mediática por escrito de los textos que le sean remitidos por el Comité Central.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de la información de la situación.</li> <li>• Confirmar veracidad de los datos.</li> <li>• Comunicar crisis al Comité Base.</li> <li>• Evaluar posibles consecuencias junto con el Comité Base.</li> <li>• Determinar Grado Crisis.</li> <li>• Tomar medidas directas en Crisis Grado TRES.</li> <li>• Actuar a las órdenes del Comité Central o, en su caso, del Base.</li> <li>• Informar a los medios de forma directa en Crisis de Grado TRES o transmitir las informaciones que se le indiquen para Crisis de grado DOS y UNO.</li> </ul>
Central	Comité de Dirección de la Empresa o en su caso la fracción del mismo que se haya acordado constituya el Comité de Crisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de la Crisis de cualquier Grado.</li> <li>• Preparación de estrategias para la resolución de la crisis.</li> <li>• Designación del Portavoz y de su sustituto.</li> <li>• Convocatoria del personal de la empresa que juzguen oportuno.</li> <li>• Solicitud y movilización de los apoyos técnicos, jurídicos, financieros, etc. necesarios.</li> <li>• Comunicación mediática directa de Crisis de Grados DOS y UNO y, en su caso, en las de Grado TRES.</li> <li>• Comunicación a las Autoridades.</li> <li>• Control total y directo de las acciones de empresa durante toda la Gestión de la Crisis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tras ser convocado, acudir a la Sala de Crisis.</li> <li>• Verificar la veracidad de las informaciones recibidas.</li> <li>• Efectuar el seguimiento de las noticias mediáticas.</li> <li>• Estudiar, dictaminar, proponer y acordar las medidas a tomar para solventar la Crisis.</li> <li>• Consultar a los asesores que consideren oportunos.</li> <li>• Dar las órdenes que se estimen oportunas para la Gestión de la Crisis.</li> <li>• El Portavoz comunica a los medios y a las Autoridades las medidas adoptadas, las acciones que se emprendan y las causas de la Crisis, si ha lugar.</li> </ul>

Figura 6.

- Prevención de deficiencias de información: el personal de la empresa debe ser el primero en conocer los comunicados del Comité de Crisis, con el fin de que esté siempre enterado de los procesos en la gestión de la misma y no sé dé paso a "bulos", informaciones deficientes o desinformaciones.

Dado el amplio marco de las posibles situaciones de crisis que pueden darse en la industria, es muy probable que la situación que se tenga que gestionar no esté de base contenida en ninguno

de los supuestos que previamente se hayan elaborado y sin embargo el proceso de comunicación debe ser el mismo.

La *gestión técnica de la crisis* corresponde a los diferentes aspectos que deben ser tratados por la empresa para poder emprender las acciones más adecuadas,

que se materializan en diferentes tipos de respuestas:

- Respuesta económica (según tipo de crisis): informes económico-financieros, certificados de auditorías financieras, ayudas inmediatas, indemnizaciones a propios y/o a terceros, etc.
- Respuesta de investigación técnica: informes de peritos, laboratorios de investigación en siniestros, técnicos industriales, etc.
- Respuesta de actuación: acciones técnicas para tratar el siniestro y/o sus consecuencias materiales, jurídicas, ante organismos de la Administración, etc.

## RIESGOS PARA LA SALUD

Aunque los principios de gestión de riesgos son los mismos en Higiene que en Seguridad, su aplicación específica a Higiene laboral requiere unos criterios particulares motivados por las características distintivas de los riesgos higiénicos, asociados a las enfermedades laborales, algunas de las cuales se comentan a continuación.

Por tanto, la planificación de la gestión del riesgo químico debe incluir temas específicos dirigidos a la prevención de los daños para la salud, lo cual implica cambios en el planteamiento preventivo básico que en muchos casos se dirige, en su origen, exclusivamente a la prevención del accidente químico. A continuación se tratan algunos de estos temas.

### Enfermedades laborales

Independientemente de su calificación legal, las enfermedades laborales son, normalmente, el resultado de complejos procesos biológicos, como la rehabilitación de un daño repetido

(dermatitis irritante), respuesta inmunológica (asma), alteraciones sistémicas (neumoconiosis) o desarrollo celular anormal (cáncer), con grandes variaciones individuales.

Estos procesos suelen requerir períodos largos para su desarrollo. Es decir, el tiempo transcurrido (tiempo de inducción) desde el inicio de la exposición hasta la aparición de la enfermedad suele ser importante. Este tiempo se divide entre el periodo de inducción propiamente dicho y el de latencia de la enfermedad. El periodo de inducción es el tiempo transcurrido desde el inicio de la exposición hasta el momento en que se considera que la enfermedad ya está inducida, cosa que puede ocurrir tanto durante el periodo de exposición, como con posterioridad. El de latencia es el correspondiente al tiempo restante hasta la manifestación formal de la enfermedad y su desarrollo. Estos períodos pueden ser muy diferentes dependiendo tanto del tipo de agente de que se trate como del individuo.

Este comportamiento da lugar a dos situaciones concretas. Por un lado, cuando el tiempo de inducción es largo, puede ocurrir que una vez controlada la exposición, la aparición de la enfermedad en algunos de los individuos expuestos puede continuar durante décadas. Por otro, dada la variabilidad entre personas, en muchos casos no se establece la relación causa – efecto hasta que el número de expuestos es elevado. Un ejemplo de ambas situaciones es lo ocurrido con el amianto.

También hay que considerar que la misma enfermedad puede tener tanto causas laborales como no laborales (por ejemplo: asma, problemas de columna o cáncer de pulmón). El nexo de unión entre enfermedad y trabajo puede establecerse a veces individualmente, aunque la confirmación de una causa de origen laboral suele obtenerse normalmente en estudios epidemiológicos que comparan la frecuencia de enfermedades en grupos de individuos expuestos y no expuestos. También debe tenerse en cuenta que la exposición no es siempre patente, lo que obliga a identificar y medir factores de riesgo. Normalmente, la ocurrencia de la enfermedad depende del nivel de exposición durante un largo periodo de tiempo y su gravedad (excepto en algunos casos, como los cánceres), también depende del nivel de exposición.

Finalmente, debe recordarse que formal y reglamentariamente, solamente tienen consideración de enfermedades laborales las que se encuentran en la lista de enfermedades profesionales. Cuando se establece un nexo de unión entre una enfermedad que no se halla en la lista y el trabajo, dicha enfermedad no puede ser considerada como tal automáticamente, sino como un accidente laboral.

### Implicaciones para el control del riesgo higiénico

La complejidad de muchos riesgos higiénicos, así como la problemática general que afecta a la aparición de las enfermedades de origen laboral, implica que la identificación y evaluación de los riesgos para la salud requiera generalmente una aportación mucho más especializada de la que normalmente se precisa en evaluaciones de seguridad. La experiencia demuestra que esta aportación la efectúa frecuentemente un consultor ajeno al servicio de prevención.

El proceso de evaluación de los riesgos para la salud, expuesto en un capítulo posterior, requiere conocimientos y capacidad para realizar actividades específicas, requerimientos que es preciso gestionar eficazmente.

En primer lugar, es necesario conocer la identidad de los productos químicos presentes en el ambiente laboral y su peligrosidad intrínseca. Para conseguir este conocimiento es necesario organizar el seguimiento del etiquetado y de las fichas de seguridad de los productos, cuidando de su disponibilidad, actualización e interpretación correcta, así como disponer de procedimientos para obtener puntualmente informaciones específicas de peligrosidad no disponibles en los citados medios, si fuera el caso. También es necesario un conocimiento preciso de las condiciones en que se utilizan y cómo se manipulan los productos químicos durante el trabajo. En este tema es importante garantizar la consulta a los trabajadores para conocer en detalle los procedimientos de trabajo reales.

En segundo lugar, frecuentemente se deben efectuar medidas de la exposición de los trabajadores. Éstas se han de llevar a cabo con unas técnicas de comprobación y evaluación específicas, que pueden requerir un elevado nivel de cualificación para usarlas. Aun cuando los riesgos derivados de la utilización de productos peligrosos pueden controlarse mediante diversos procedimientos, como sistemas de trabajo apropiados,

mecanismos de extracción y ventilación o la utilización de equipos de protección personal, la confirmación de la eficacia del control requerirá frecuentemente medidas del medio ambiente laboral para comprobar que las exposiciones están por debajo de los límites previamente establecidos.

Además, algunas veces es necesaria la vigilancia de los individuos expuestos para detectar una excesiva absorción de sustancias (control biológico) o signos previos a daños manifiestos (vigilancia de la salud), prácticas de la Medicina laboral a las que se dedica un capítulo específico más adelante. Esta vigilancia está indicada, en particular, en casos de exposición a agentes cancerígenos, mutágenos, tóxicos para la reproducción y

LA EVALUACIÓN DEL RIESGO HIGIÉNICO  
SUELE REQUERIR LA MEDIDA DE LA  
EXPOSICIÓN

sensibilizantes, en los que el respeto de los límites de exposición no elimina por completo la posibilidad de daños. La exposición simultánea (o consecutiva) a varios productos químicos, cuyo efecto es muy poco conocido, es una situación corriente en la que también es aconsejable la vigilancia de la salud.

Las consideraciones efectuadas en el capítulo 1 sobre el riesgo químico y su percepción por los individuos destacando la dificultad, en el caso de los riesgos higiénicos, de establecer una relación de contingencia (asociación exposición/efecto) y, en consecuencia, la importancia de la información sobre los riesgos para la aceptación y seguimiento correcto de las medidas de prevención, justifican la gestión de una información sobre el riesgo higiénico y las medidas para su prevención especialmente clara y completa.

La correcta gestión de esta información debe garantizar, sin perjuicio de las recomendaciones indicadas en el capítulo 6, que incluya las áreas básicas que se citan a continuación:

- 1. Información adecuada sobre cómo llevar a cabo de manera correcta la actividad prevista que implique la manipulación de productos químicos.** Es el punto de partida para llevar a cabo correctamente cualquier actividad. Debe informarse de lo que se va a hacer hasta el nivel de detalle necesario a todos los implicados en la utilización de productos químicos.
- 2. Información sobre los riesgos intrínsecos de los productos químicos.** Como ya se ha comentado a lo largo del capítulo, deben conocerse los riesgos asociados de manera intrínseca a los productos químicos que se van a manipular. Es la información contenida de manera resumida en la etiqueta y que todo usuario debe conocer.
- 3. Información sobre los riesgos asociados a las operaciones.** El punto anterior hacía referencia a los riesgos intrínsecos. Pero los productos químicos se manipulan, desde un simple trasvase para su almacenamiento hasta multitud de operaciones a las cuales se puede someter el producto. Los riesgos intrínsecos pueden variar de manera importante (cuantitativamente) según las operaciones a que se someta el producto. Las situaciones de riesgo generadas por las operaciones previstas deben ser también informadas adecuadamente a los que van a llevarlas a cabo. Parte de esta información se puede obtener de la Ficha de Datos de Seguridad, pero debe tenerse en cuenta que es imposible que contemple todas las posibles operaciones a considerar.
- 4. Información sobre los riesgos asociados a las instalaciones.** Las operaciones citadas en el punto anterior se llevan a

#### Información sobre el riesgo higiénico

cabo en muchas ocasiones mediante unas instalaciones que pueden variar en gran medida en cuanto a su complejidad. La información sobre los riesgos que representa su utilización, tanto por lo que afecta directamente a las características de peligrosidad de los productos químicos, como a las propias de la instalación, debe ser comunicada con detalle a los usuarios de las mismas.

**5. Información sobre cómo prevenir los posibles riesgos existentes.** Una vez cubierto el círculo de informar sobre los riesgos de los productos que se van a manipular, de las operaciones que se van a realizar y de la utilización de las instalaciones a emplear, el paso siguiente es informar de las acciones que hay que emprender para prevenir cualquier situación no deseada en cuanto a riesgo químico: contacto, inhalación, explosión, reacciones violentas, etc. Se trata de informar para minimizar el riesgo al máximo a base de reducir la probabilidad de la aparición de una situación no deseada.

**6. Información sobre cómo protegerse de los riesgos existentes.** El segundo factor a considerar es la consecuencia que puede tener lugar cuando el hecho no deseado, cuya materialización hemos intentado prevenir al máximo, ocurra a pesar de todo. Para ello se debe informar sobre las medidas de protección a emplear en la manipulación de los productos químicos. La adecuada combinación entre la información para prevenir y la información sobre cómo protegerse permite reducir el riesgo de manera efectiva.

**7. Información sobre cómo actuar en caso de emergencia.** La correcta aplicación de los principios preventivos debe incluir siempre la información sobre cómo actuar cuando todas las previsiones y protecciones previstas fallan: qué hacer ante una emergencia. Probablemente existirá un plan de emergencia que contemple los distintos orígenes de la emergencia y las posibles acciones a emprender. Debe informarse adecuadamente del mismo con especial énfasis en todas las situaciones relacionadas con la utilización de los productos químicos y sus posibles riesgos en cada situación de emergencia específica prevista. La información debe incluir también la actuación desde el punto de vista de primeros auxilios en relación asimismo con las características de peligrosidad de los productos manipulados, las operaciones a que son sometidos y las instalaciones existentes.

**8. Información sobre cómo gestionar los residuos y evitar o limitar las emisiones.** La información debe cubrir también las medidas que se deben emprender para evitar al máximo el impacto ambiental de la manipulación de productos químicos. Deben considerarse todas las posibilidades: residuos,

emisiones atmosféricas, vertidos líquidos y contaminación de suelos. La información al usuario debe ser completa en este sentido, valorando los riesgos y las medidas preventivas y de protección asociadas para evitar o minimizar cualquier emisión o contaminación al medio ambiente.

## PRODUCTOS QUÍMICOS EN AMBIENTES INTERIORES

Un caso particular del riesgo químico es el asociado a la exposición a bajas concentraciones ambientales de productos por parte de personas no profesionalmente expuestas. Esta situación tiene lugar tanto por la presencia de productos en el aire exterior, conocida como “inmisión”, como por la presencia de los mismos en el aire interior de edificios no dedicados a actividades conocidas como “industriales”, normalmente del sector servicios o con actividades industriales cercanas o en el mismo edificio, pero también en residencias particulares, en cuyo caso se habla de Calidad del Aire Interior (CAI), como alternativa a las exposiciones industriales tratadas en el campo de la Higiene industrial y, en principio, controladas sobre la base de la legislación vigente, principalmente por el RD 374/2001.

En el caso de la exposición a concentraciones de inmisión, que afectan a toda la población, éstas tienen lugar como consecuencia de emisiones continuas por parte de fuentes móviles y de industrias en las que tiene mucha importancia la climatología (la dirección predominante de los vientos en la zona y otros fenómenos atmosféricos como la inversión térmica), pero también debido a emisiones accidentales que pueden generar nubes tóxicas. Las emisiones y, en consecuencia, los valores de inmisión están regulados por la Ley 38/1972 de protección del ambiente atmosférico y la posterior legislación de desarrollo de la misma. Existe un elevado estado de preocupación sobre esta cuestión, ya que se trata de una exposición generalmente no demasiado controlada y que se viene asociando al importante aumento de alergias y de casos de cáncer que está sufriendo la población en general. Existen tres fuentes de contaminación principales debidas al hombre: combustión en fuentes estacionarias (plantas energéticas), combustión en fuentes móviles (automóviles) y procesos industriales (refino de petróleo). Las cinco principales categorías de contaminantes emitidos por estas fuentes son: monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y partículas. La combustión interna en vehículos es la principal fuente de monóxido de carbono e hidrocarburos e importante en cuanto a óxidos de nitrógeno. La combustión en fuentes estacionarias es la fuente principal de óxidos de azufre. Los procesos industriales y las fuentes de

combustión estacionaria generan más de la mitad de las partículas emitidas al aire por la actividad humana, así como compuestos orgánicos volátiles (COV).

Por lo que hace referencia a la CAI, no existe legislación específica directa sobre la misma y normalmente se interpreta con recomendaciones técnicas y criterios establecidos por organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud (OMS) y Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC)) o bien por organismos nacionales de reconocida solvencia, como por ejemplo la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de Estados Unidos.

---

#### **Calidad de aire interior. Aspectos generales**

Los efectos adversos derivados de una mala calidad del aire en los ambientes cerrados son un problema que afecta a toda la comunidad, ya que está demostrado que el hombre urbano pasa entre el 60% y 80% de su tiempo en ambientes cerrados, contaminados en mayor o menor grado. Esta problemática se ha visto potenciada con el diseño de edificios más herméticos y con un mayor grado de recirculación del aire con objeto de asegurar un ahorro energético.

La sintomatología ocasionada por la presencia de contaminantes en el aire interior puede manifestarse mediante una amplia variedad de síntomas agudos incluyendo irritación, dolor de cabeza, sequedad de piel o mucosas, somnolencia y una variedad de procesos alérgicos, pero también crónicos y a largo plazo. Esta situación aunque no se concrete a veces en una enfermedad, genera malestar, estrés, absentismo, y pérdida de productividad.

Al estar los niveles de contaminantes presentes en el aire interior muy por debajo de los respectivos límites permisibles de exposición para ambientes industriales, es difícil establecer con exactitud la magnitud de los daños ya que hay muy pocos datos que permitan correlacionar exposición - efecto a dosis muy bajas, sobretodo a largo plazo, implicando la necesidad de extrapolrar la información disponible proveniente de la exposición industrial, con el consiguiente error. Los conceptos de nivel sin efecto observado (NOEL), efecto perjudicial y efecto tolerable, ya de por sí relativamente discutibles en el ámbito de la toxicología industrial, son aquí aún más difíciles de definir. Existen pocos estudios concluyentes al respecto, tanto en residencias particulares como en lugares públicos.

Las investigaciones llevadas a cabo en las tres últimas décadas han demostrado que la presencia de contaminantes en muchos ambientes interiores es superior a lo esperado, identificándose además compuestos diferentes a los presentes en el exterior, lo que va en contra de la suposición de que los ambientes

interiores sin actividad industrial están relativamente libres de contaminantes y de que, en el peor de los casos, podían reflejar la composición del aire exterior. Por otro lado, contaminantes como radón o formaldehído son identificados casi exclusivamente en ambiente interior. El formaldehído proviene de materiales que lo contienen en su composición original (pinturas, resinas y colas) y el radón, gas radioactivo de origen natural, tiende a acumularse en edificios ubicados en zonas de características geológicas determinadas pero no previsibles.

La calidad del aire interior se ha convertido en una cuestión de salud medioambiental, al igual que ocurre con el control de la calidad del aire exterior y la exposición profesional, debiéndose tener en cuenta, además, que los individuos más susceptibles, los ancianos, los niños pequeños y los enfermos, son quienes pasan más tiempo en interiores.

Como ya se ha dicho, la calidad del aire en el interior de un edificio depende de una serie de variables que incluyen la calidad del aire exterior, el diseño del sistema de ventilación/climatización de aire, las condiciones en que este sistema trabaja y se revisa, la compartimentación del edificio y la presencia de fuentes contaminantes interiores y su magnitud, entre las que cabe destacar las diferentes actividades que se realizan, el mobiliario, los materiales de construcción, los recubrimientos de superficies y los tratamientos del aire. A modo de resumen se puede indicar que las deficiencias más habituales son consecuencia de una ventilación inadecuada, de contaminación generada en el interior y de contaminación proveniente del exterior, tanto a través de la ventilación, como por el subsuelo (figura 7).

Por lo que se refiere al primer caso, las causas de una ventilación inadecuada pueden ser: una mala ventilación natural, un insuficiente suministro de aire fresco debido a una elevada recirculación o a un bajo caudal de impulsión, una incorrecta ubicación y orientación de las tomas de aire y una mala distribución. Una buena filtración es especialmente importante en caso de un aire exterior de mala calidad o de una elevada recirculación, ya que los agentes químicos tienden a acumularse en el interior.

Por lo que se refiere a la contaminación interior, es la que tiene como origen: los materiales inadecuados o con defectos técnicos empleados en la construcción y decoración, el propio individuo, el trabajo, la mala utilización de productos habituales (pesticidas, desinfectantes, de limpieza o abrillantado), los gases de combustión (de fumar, de cocinas o cafeterías) y la contaminación cruzada procedente de otras zonas poco ventiladas que difunde hacia lugares próximos y los afecta.

Finalmente, cabe considerar la contaminación proveniente del

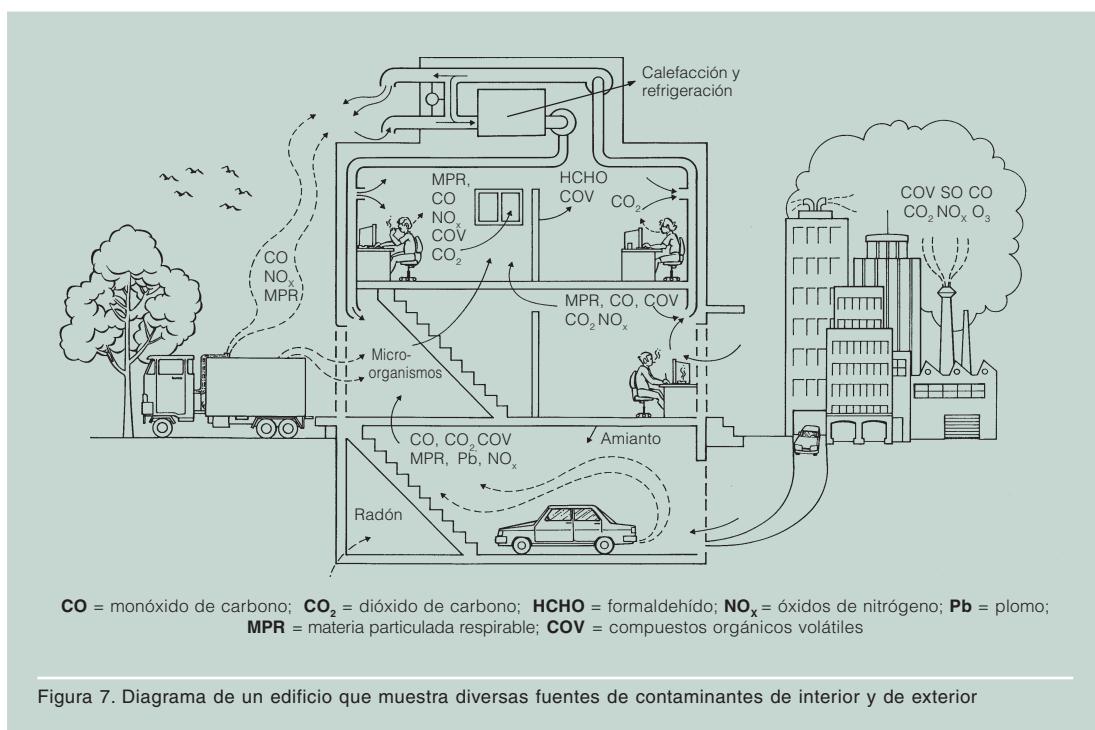


Figura 7. Diagrama de un edificio que muestra diversas fuentes de contaminantes de interior y de exterior

exterior, debida fundamentalmente a la entrada en el edificio de humos de escape de vehículos, gases de calderas, productos utilizados en trabajos de construcción y mantenimiento (asfalto, por ejemplo) y aire contaminado del propio edificio, previamente desecharlo al exterior, que vuelve a entrar a través de las tomas de aire. Otro origen puede ser las infiltraciones a través del basamento (vapores de combustibles, emanaciones de cloacas, fertilizantes, insecticidas, desinfectantes y radón). Está demostrado que, al aumentar la concentración en el aire exterior de un contaminante, aumenta también su concentración en el interior del edificio, aunque más lentamente, e igual ocurre cuando disminuye y por ello se dice que los edificios presentan un efecto de escudo frente a los contaminantes exteriores. Sin embargo, se da por supuesto que el medio ambiente interior no es un reflejo exacto de las condiciones externas, ya que las sustancias emitidas al aire interior tienen mucha menos oportunidad de diluirse que las emitidas al exterior, debido a los diferentes volúmenes de aire disponibles.

La composición del aire exterior varía de un lugar otro y depende tanto de la naturaleza de las fuentes de contaminación en la vecindad como de la dirección dominante del viento. Las concentraciones estándar de dióxido de carbono y ozono suelen

ser de 320 ppm y 0,02 ppm, respectivamente. Si no hay fuentes de generación de ambos, éstas son las concentraciones que deberán encontrarse en un aire "limpio". Otros contaminantes que deben considerarse habitualmente presentes, aunque en bajas concentraciones son: monóxido de carbono, 0,12 ppm; óxido nítrico, 0,003 ppm; y dióxido de nitrógeno, 0,001 ppm. En el aire urbano contaminado estas concentraciones son siempre mayores. Los contaminantes citados más ampliamente en aire interior son: monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y de azufre, materia particulada inhalable (incluyendo metales, amianto y otros aerosoles fibrosos), formaldehído, ozono, COV, pesticidas y compuestos orgánicos semivolátiles relacionados, radón, hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos relacionados y polvo doméstico.

Para evaluar apropiadamente la calidad del aire interior es preciso, en primer lugar disponer de sistemas de medida de los contaminantes que proporcionen valores fiables respecto a las concentraciones de aquellos. En segundo lugar es preciso disponer de valores de referencia con los cuales deberán ser comparados los resultados que se hayan obtenido en las mediciones.

#### Evaluación de la calidad de aire interior

##### *Sistemas de medida de contaminantes*

Para algunos contaminantes se dispone de métodos adecuadamente validados y de amplio uso, pero para la mayoría no es así. Las técnicas para medir los niveles de muchos contaminantes encontrados en interiores derivan normalmente de aplicaciones de Higiene industrial, pero, dado que las concentraciones de interés en aire interior son normalmente mucho más bajas que las de lugares industriales, puede ocurrir que muchas veces sean inapropiadas. Existen en la actualidad procedimientos y sistemas de lectura directa adecuados para medir formaldehído, óxidos de nitrógeno, COV y radón, pero para otros agentes químicos no están disponibles.

Las técnicas derivadas de estudios de inmisión, por su parte, operan en márgenes de concentración parecidos, pero están disponibles para relativamente pocos contaminantes y presentan dificultades para ser empleados en interiores. Un muestreador de alto volumen para determinación de materia particulada, por ejemplo, sería demasiado ruidoso para trabajar en un ambiente ocupado y, a su vez, el gran volumen de aire muestreado podría modificar la composición del aire interior.

##### *Valores de referencia*

Existen importantes dificultades para el establecimiento de

valores de referencia para la estimación de la calidad del aire interior, que se pueden resumir en:

- Insuficiente información toxicológica sobre efectos de exposiciones a bajas concentraciones
  - Insuficiente información toxicológica sobre efectos de mezclas complejas
  - Dificultad para obtener los niveles de concentración
  - Tiempos de exposición superiores a la jornada laboral
  - Población expuesta que puede que no sean sólo trabajadores
- Las posibilidades son básicamente cuatro:

1. Extrapolar los valores de protección para la salud en ambientes laborales teniendo en cuenta la diferencia en el tiempo de exposición (40 horas de trabajo semanales frente a las 168 horas de la semana), la continuidad de la exposición, la posible presencia de "no trabajadores" y el hecho de que se trata de una contaminación "no controlada", en principio, por el RD 374/2001 sobre protección de los trabajadores frente a agentes químicos, por no haberse considerado en la evaluación de riesgos.
2. Emplear criterios establecidos para ambiente exterior, como los del Real Decreto 1073/2002 para el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.
3. Emplear valores de inmisión establecidos sobre la base de criterios para la salud y el bienestar de la población en general de la EPA o las guías para la calidad de aire de la OMS, que incluyen valores para cancerígenos.
4. Emplear criterios de confort y bienestar para interiores, incluyendo la prevención de molestias por el olor, establecidos por distintos organismos nacionales.

---

### **Control de la calidad de aire interior**

Cuando se investiga un problema de calidad de aire interior la primera actuación debe ser una comprobación de las instalaciones generales del edificio, especialmente las referentes a la regulación y el adecuado funcionamiento del sistema de ventilación/climatización, según los estándares establecidos en el momento de su instalación o si existe una suficiente ventilación natural. Si se consideran adecuados, hay que iniciar una investigación técnica de tipo general para determinar la extensión y la naturaleza del problema.

Una estrategia práctica para resolver quejas de calidad de aire interior consiste en una aproximación por fases. Esta aproximación debería empezar con una fase 1, la investigación inicial, la

cual podría consistir en un análisis semicuantitativo de bajo coste que pueden llevar a cabo técnicos en Higiene industrial.

En muchos casos el problema será identificado y resuelto en la fase 1. En otros casos, a la fase 1 puede seguir la fase 2 (y, muchas veces, fases subsiguientes) que suministran investigaciones más especializadas centradas en problemas potenciales identificados en la fase 1. La fase 2 incluye un análisis detallado del sistema de ventilación/climatización del edificio, una mayor caracterización de las velocidades de eliminación de materiales sospechosos de emisión de gases y un análisis químico detallado del aire ambiental del edificio. Evaluaciones médicas o epidemiológicas de pistas de enfermedad suelen incluirse en la fase 3.

Para la mejora de la CAI, las opciones generalmente consideradas son: eliminar la fuente, aislar y/o ventilar la fuente, separar los receptores de la fuente, potenciar el sistema de control y limpiar las superficies contaminadas. Aumentar el control puede requerir un rediseño del sistema de ventilación/climatización o cambios en su operación o mantenimiento.

## RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

En el campo del riesgo químico, igual que en otros, la empresa no es, evidentemente, un ente aislado y autosuficiente, sino que interacciona permanentemente con el medio ambiente, puesto que consume oxígeno, agua, combustibles y energía eléctrica y genera productos acabados, pero también residuos sólidos, vertidos y emisiones gaseosas.

La existencia de esta interacción implica la necesidad de establecer una política de gestión ambiental en la empresa, consistente en medidas organizativas, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos, teniendo en cuenta las interrelaciones existentes entre los tres vectores ambientales, agua, aire y suelo y considerando las emisiones de manera global, independientemente del medio receptor. Esta gestión ambiental en la empresa debe estar, además, integrada en la gestión global de la misma y estar presente en los diversos ámbitos de su gestión particular, como en la política de compras, en el control de stocks, en la planificación de la producción y el mantenimiento, entre otras.

La gestión medioambiental en la empresa debe dirigirse, aparte de al cumplimiento de la legislación vigente sobre la materia, de la que se cita la reglamentación más importante en la figura 8, y algunos de cuyos aspectos se desarrollan en el capítulo 11, a

<b>LISTADO NO EXHAUSTIVO DE LA LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL MÁS RELEVANTE RELACIONADA CON EL RIESGO QUÍMICO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ley 38/1972</b> Protección del ambiente atmosférico</li> <li>• <b>Real Decreto Legislativo 1302/1986</b> Evaluación del impacto ambiental</li> <li>• <b>Ley 11/1997</b> Ley de envases y residuos de envases</li> <li>• <b>Ley 10/1998</b> Ley de residuos</li> <li>• <b>Real Decreto Legislativo 1/2001</b> Texto refundido de la Ley de aguas</li> <li>• <b>Ley 16/2002</b> Prevención y control integrados de la contaminación</li> <li>• <b>Ley 1/2005</b> Gases efecto invernadero</li> </ul> <p>(deben tenerse en cuenta siempre las disposiciones de desarrollo de las mismas así como la legislación específica de las CCAA)</p>	

Figura 8.

una minimización de los consumos, vertidos y emisiones, dentro de la política de desarrollo sostenible, entendiendo como tal el desarrollo económico y social que tiene lugar sin detrimento del medio ambiente ni de los recursos naturales de los cuales dependen las actividades humanas y el desarrollo.

Una política ambiental correcta por parte de la empresa debe incluir una serie de aspectos de entre los que cabe destacar los siguientes:

- El aprovechamiento y la integración adecuada de los recursos humanos de la empresa con relación al medio ambiente.
- La disminución de la cantidad de corrientes residuales generadas.
- El aumento de la seguridad con relación a la protección del medio ambiente.
- La disminución de los costes de tratamiento y eliminación de corrientes residuales.

En la práctica, el procedimiento más adecuado para lograr buenos niveles de gestión medioambiental de la empresa es la obtención de una certificación en el campo medioambiental, como la UNE-EN-ISO 14001, o acogerse al Reglamento EMAS, comentado en el capítulo 6.

### **Aspectos concretos de la actividad industrial que afectan al medio ambiente**

Las principales vías de afectación del medio ambiente debidas a la actividad industrial están bien establecidas y constituyen la clave para comprender cual es la relación de la empresa con el medio ambiente. Se repasan brevemente a continuación.

#### *El consumo de recursos*

Siempre que tiene lugar un consumo de recursos naturales, se produce un efecto adverso para el medio ambiente. No solamente porque son limitados, sino también porque su utilización genera un cierto nivel de contaminación, del mismo recurso empleado, como es el caso del agua, o bien de la atmósfera, en el caso de utilización de combustibles fósiles, concretamente gas o gasóleo.

En el caso del agua, ésta debe ser retornada al medio en unas condiciones de ausencia de contaminación o contaminación mínima establecidas por la legislación vigente. Aunque se cumpla

este principio, ello no se logrará normalmente sin un tratamiento de la misma mediante un proceso de depuración, lo que a su vez implica un consumo energético y de productos químicos, y generando también residuos, que deberán tratarse, como es el caso de los lodos de depuradora. Debe prestarse especial atención al consumo de agua para actividades no estrictamente productivas, ya que es habitual que no esté suficientemente controlado y, por otro lado, tenga requerimientos de depuración distintos.

El consumo de combustibles fósiles implica su combustión y la generación de dióxido de carbono, causante del efecto invernadero, acompañada de otros gases contaminantes. Igual que en el caso anterior estas emisiones están reguladas y limitadas, aunque su tratamiento también generará residuos, como, por ejemplo, los filtros. La presencia de óxidos de azufre y nitrógeno es el origen de la llamada "lluvia ácida" y estos últimos son los causantes de las nieblas tóxicas (*smog* fotoquímico).

Finalmente, el consumo de electricidad, aunque no genera contaminación importante por sí misma, implica el consumo de un recurso obtenido a partir de varios recursos naturales que, a su vez, directa o indirectamente habrán generado impacto ambiental en su transformación para la obtención de electricidad.

A la vista de todo ello, la política de ahorro energético y de reducción del consumo de agua al máximo tendrá siempre efectos beneficiosos para el medio ambiente, además de ahorro de costes a la empresa.

#### *Las aguas residuales*

Como ya se ha comentado, toda actividad industrial utiliza agua, procedente de la red pública de abastecimiento o de captaciones propias, que se acaba vertiendo a los cauces públicos o al mar, directamente o previo paso por una estación depuradora de aguas residuales. Los elementos que se encuentran en el agua vertida, no presentes en el agua original o presentes en concentraciones inferiores, son elementos contaminantes que pueden afectar al medio. Por lo tanto, estas aguas residuales no sólo deben cumplir con los requerimientos legales del medio receptor correspondiente antes de su vertido, sino que una correcta práctica ambiental por parte de la empresa debe consistir en minimizar al máximo la presencia de productos químicos contaminantes, tanto en el caso de vertido directo, si es que es posible, como en el caso de aguas depuradas. En este último caso también es importante la reducción de la contaminación, hasta donde sea posible, de las aguas enviadas a la depuradora, lo que simplificará el proceso depurador y aumentará la calidad final

del agua vertida. El incremento de la temperatura del agua vertida también se ha de considerar como contaminación medioambiental, ya que afecta al equilibrio biológico del medio receptor.

#### *Las emisiones a la atmósfera*

Emitir a la atmósfera elementos contaminantes (partículas en suspensión, disolventes, compuestos orgánicos en general, gases de combustión, etc.) afecta al medio ambiente tanto por el perjuicio que puede provocar en áreas distantes (lluvia ácida, agotamiento de la capa de ozono), como por los efectos inmediatos que pueden causar concentraciones de inmisión elevadas sobre el medio ambiente y las personas residentes en las cercanías de la empresa. También en este caso, la política medioambiental de la empresa no debe limitarse a cumplir con la legislación vigente en cuanto a emisiones, sino a reducir al máximo la presencia de contaminación en las mismas, incluso antes de someterlas a los procesos de depuración habituales: filtrado de partículas, retención de compuestos orgánicos volátiles por adsorción, lavado de gases de pH extremos, procesos de absorción en columnas o incineración mediante antorchas.

Es importante también considerar las emisiones incontroladas, es decir, aquellas actividades en la empresa en las que no se prevé una importante emisión y, en consecuencia, no se han tomado las precauciones adecuadas para su tratamiento. Es el caso de las emisiones difusas generadas por distintos procesos de manipulación de productos químicos volátiles, como por ejemplo, trasvases, vaciado o llenado de depósitos u operaciones de limpieza. Aunque existen regulaciones al respecto, como por ejemplo el RD 117/2003, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades, también en este caso es importante que la empresa tome las precauciones adecuadas para evitarlas o reducirlas al máximo.

#### *Los vertidos al suelo y al subsuelo*

La acumulación, dentro de la empresa, de productos químicos sólidos en el suelo, tanto de materias primas, como de productos intermedios o acabados, genera un riesgo de contaminación del suelo por infiltración, si no se ha tenido la precaución de proceder a su impermeabilización frente al producto en cuestión. Con mucha frecuencia, se produce el hecho de que al abandonar una empresa un terreno, por traslado o cese de la actividad, se ha comprobado un alto nivel de contaminación de aquél, lo que, aparte de implicaciones legales, implica la imposibilidad de emplearlo para otras actividades, a no ser que se proceda a

su descontaminación. Esta contaminación del suelo puede llegar a niveles profundos y alcanzar la capa freática con la consecuente contaminación e inutilización para el consumo de las aguas subterráneas, además de otros efectos también graves para el medio ambiente directamente relacionados con el suelo contaminado. Su tratamiento es una operación muy costosa y con efectos negativos a su vez para el medio ambiente, puesto que representa la generación de unos nuevos residuos que hay que tratar también.

La falta de control sobre vertidos de líquidos al suelo, voluntarios o por accidente, acarrea los mismos resultados, por lo que debe llevarse en la empresa una política eficaz de recogida y neutralización de mismos. En el caso de que se trate de productos químicos volátiles, hay que tener en cuenta que el vertido puede generar también una emisión de vapores no controlada a la atmósfera.

#### *Los residuos industriales*

Los residuos industriales eliminados suponen una importante intervención en el medio que tradicionalmente ha tenido como consecuencia su acumulación en vertederos (con o sin tratamiento previo) o su incineración. La política adecuada de la empresa sobre los mismos se basa en el principio de que el mejor residuo industrial es el que no existe, por lo que su correcta gestión partirá de su minimización. La minimización se puede lograr, aparte de aplicando principios de correcta gestión a lo largo de todo el proceso de fabricación (desde su adquisición a su distribución), llevando a cabo acciones de reutilización o reciclado de los mismos, preferiblemente en el entorno de la misma empresa, que son acciones incluidas dentro de la política de valorización, empleando términos modernos de gestión de residuos. Una vez aplicado este principio, antes de proceder a su eliminación, es importante llevar a cabo una adecuada clasificación, atendiendo a los principios de incompatibilidad y siguiendo criterios lógicos en cuanto a almacenamiento y entrega al tratador autorizado en su caso. No hay que perder de vista que el responsable de un residuo es su propietario o generador, hasta que el producto pueda dejar de considerarse como tal. La política de admitir como un coste fijo e ineludible el tratamiento de los residuos por un gestor externo es equivocada desde el punto de vista medioambiental, ya que siempre habrá posibilidades de minimizarlo al máximo y de optimizar su clasificación.

#### *Los productos fabricados*

La presencia, voluntaria o accidental, de elementos contaminantes en los productos fabricados puede ser causa de contami-

nación del medio ambiente en el momento del uso del producto, en caso de accidente o de su eliminación en forma de residuo. Las limitaciones establecidas en algunos sectores en cuanto a la presencia de elementos contaminantes para el medio en productos fabricados es una primera herramienta de gestión de este problema de contaminación ambiental. Al preparar una fórmula o diseñar un producto o material para una determinada actividad debe contemplarse reducir en el mismo la presencia de sustancias que en su uso o en el momento de su eliminación puedan constituirse como elementos contaminantes, de manera directa o porque impliquen problemas de separación a la hora de gestionar el producto o material como residuo. De ahí la importancia de valorar este problema a la hora de diseñar un producto o un material. Son ejemplos en este sentido el RD 117/2003 ya mencionado y el RD 208/2005 sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos. Tampoco hay que desestimar la posible contaminación involuntaria proveniente de las materias primas originales o de las instalaciones de proceso insuficientemente limpiadas o mantenidas.

# Identificación del riesgo químico

8

## INTRODUCCIÓN

La identificación de los diferentes riesgos asociados a los productos químicos constituye un primer paso indispensable para su gestión. Una vez identificados se deben emplear procedimientos que faciliten su comunicación. Para ello es necesario disponer de información sobre los productos químicos que pueden estar presentes y conocer sus propiedades peligrosas. Su presencia puede ser debida a:

- utilizarse o ser el resultado en algún tipo de proceso;
- aparecer en el transcurso del mismo;
- formar parte de materiales utilizados para otros fines (productos de limpieza, refrigerantes, lubricantes, pinturas, etc.).

El conocimiento y la comunicación de la identidad de estos productos y de su peligrosidad se facilitan utilizando los sistemas vigentes de identificación de sustancias y preparados, así como las diferentes fuentes de información que pueden suministrar datos sobre la peligrosidad intrínseca de los productos.

Además, es preciso averiguar cuáles son las condiciones de utilización y las características de los procedimientos de trabajo en los que intervienen productos peligrosos, con el fin de determinar si son posibles la exposición o las condiciones necesarias para que se puedan materializar los efectos indeseados.

Este conocimiento permitirá identificar a los trabajadores (u otras personas) y los compartimentos del medio ambiente expuestos a los riesgos que entrañan dichos productos peligrosos y establecer cómo se produce su exposición.

LA IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO  
ES UN PASO IMPRESCINDIBLE PARA SU  
GESTIÓN

## CONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTOS

Los productos químicos se encuentran presentes en la mayor parte de sectores de actividad y en un gran número de puestos de trabajo, no sólo en los lugares donde se utilizan sino también en actividades como el transporte, la recepción y el almacenamiento de productos o la eliminación de excedentes y residuos.

Los usuarios deben disponer de una información que está reglamentada para los productos peligrosos, ya sean sustancias o, más frecuentemente, preparados, en las correspondientes normativas de comercialización, envasado y etiquetado de sustancias y de preparados peligrosos. En estas disposiciones se establece la

LA ETIQUETA Y LA FICHA DE DATOS  
DE SEGURIDAD SON LAS HERRAMIENTAS  
DE PARTIDA PARA LA IDENTIFICACIÓN  
DEL RIESGO QUÍMICO

obligatoriedad de que los envases o recipientes que contengan productos peligrosos lleven una etiqueta y de que su suministro se acompañe con una ficha de datos de seguridad (FDS), y también se establece cuál debe ser su contenido.

El conocimiento de los criterios de clasificación utilizados por el suministrador de un producto para la elaboración de la etiqueta y la ficha de datos de seguridad es fundamental para obtener la máxima información acerca de la peligrosidad del mismo y debe permitir el diseño de los métodos de trabajo adecuados, no sólo desde el punto de vista de producción, sino con el fin de trabajar con seguridad y proteger la salud de los trabajadores y el medio ambiente.

### Etiquetado de sustancias y preparados

La etiqueta es la primera información que recibe el usuario y es la que le permite identificar el producto en el momento de su utilización. Según la actual normativa, todo recipiente que contenga un producto peligroso debe llevar una etiqueta bien visible en la que se incluyan, además del nombre del producto y del responsable de su comercialización, con su dirección y número de teléfono, unos datos que permitan reconocer el peligro o peligros intrínsecos (potenciales) que puedan presentarse.

La etiqueta está básicamente diseñada para aportar información sobre los riesgos de utilización del producto en el lugar de trabajo, principalmente desde el punto de vista de la seguridad y de las vías de entrada al organismo en caso de exposición. También puede dar indicaciones sobre condiciones de almacenamiento o para la prevención de errores de manipulación que pueden ser causa de incidentes o accidentes, por ejemplo en operaciones de transvase o por entrar en contacto con productos incompatibles que puedan iniciar reacciones violentas.

La información sobre la peligrosidad de un producto contenida en la etiqueta ha sido elaborada basándose en sus propiedades fisicoquímicas, concretamente en la posibilidad de generar (provocar) incendios y explosiones, y en los efectos que puedan tener sobre la salud y el medio ambiente (figuras 1 y 2).

La etiqueta (figura 3) contiene unos símbolos e indicaciones de peligro (figura 4)

#### LA ETIQUETA INFORMA SOBRE:

- Identificación del producto (naturaleza)
- Tipo de peligro
- Vías de penetración en el organismo
- Condiciones de manipulación
- Actuación en casos de incidente/ accidente
- Consideraciones sobre los residuos
- Condiciones de almacenamiento

Figura 2.

#### PROPIEDADES Y EFECTOS CONSIDERADOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA ETIQUETA

##### *Peligros derivados de sus propiedades fisicoquímicas:*

- Inflamabilidad
- Peligro de explosión
- Propiedades comburentes

##### *Efectos sobre la salud debidos a las propiedades toxicológicas:*

- Efectos letales agudos
- Efectos irreversibles no letales tras una sola exposición
- Efectos graves tras una exposición repetida o prolongada
- Efectos corrosivos
- Efectos irritantes
- Efectos sensibilizantes
- Efectos carcinógenos
- Efectos mutagénicos
- Efectos sobre la reproducción

##### *Efectos sobre el medio ambiente:*

- Efectos sobre los organismos acuáticos
- Efectos sobre la fauna
- Efectos sobre la capa de ozono

Figura 1.

#### EJEMPLO DE ETIQUETA

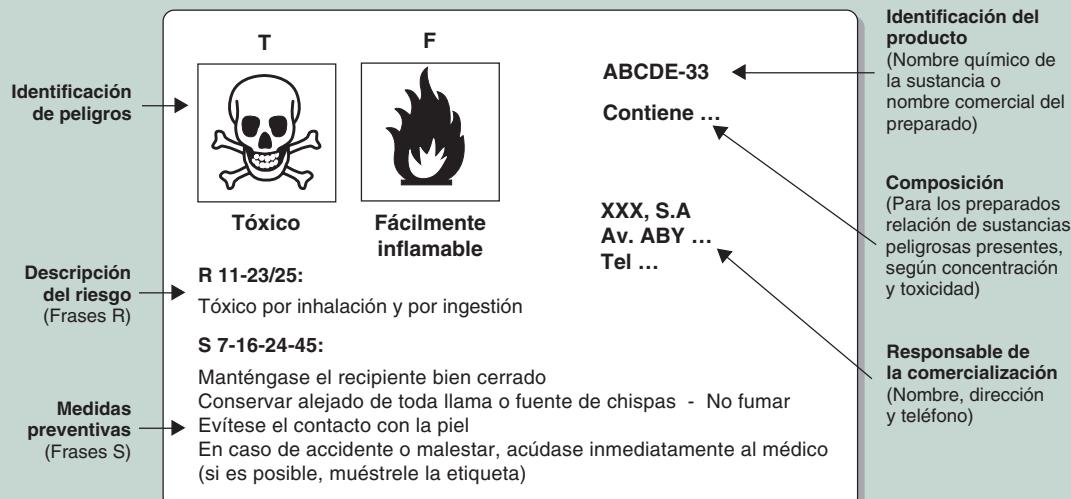


Figura 3.



EL CONTENIDO DE LA ETIQUETA DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS ESTÁ NORMALIZADO EN EL ÁMBITO DE LA UNIÓN EUROPEA

que identifican los peligros más significativos, obtenidos por evaluación de todos los posibles, unas frases descriptivas de los riesgos que su manipulación implica (frases R) y una información sobre medidas de prevención en forma de consejos de prudencia (frases S), que se muestran en las figuras 5 y 6, respectivamente.

### Ficha de datos de seguridad

La ficha de datos de seguridad debe considerarse como una herramienta de consulta sistemática, pero muy especialmente antes de utilizar un producto peligroso por primera vez y siempre que se introduzcan variaciones en el proceso de trabajo. Su contenido debe ser considerado incluso antes de la adquisición de un nuevo producto como parte de la gestión de la prevención del riesgo en la empresa.

Esta ficha debe estar confeccionada de acuerdo con las directrices indicadas en la guía incluida en la legislación europea sobre sustancias y preparados peligrosos y cuyo contenido se compone de 16 apartados obligatorios (figura 7).

EL CONTENIDO DE LA FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD ESTÁ AGRUPADO EN 16 APARTADOS

En esta ficha se recogen datos e informaciones importantes desde el punto de

**FRASES R: RIESGOS ESPECÍFICOS ATRIBUIDOS A LAS SUSTANCIAS  
Y PREPARADOS PELIGROSOS (Anexo III del RD 363/1995)**

**Propiedades fisicoquímicas <sup>a)</sup>**

- R1 Explosivo en estado seco.
- R2 Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R3 Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R4 Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
- R5 Peligro de explosión en caso de calentamiento.
- R6 Peligro de explosión, en contacto o sin contacto con el aire.
- R7 Puede provocar incendios.
- R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.
- R9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
- R10 Inflamable.
- R11 Fácilmente inflamable.
- R12 Extremadamente inflamable.
- R14 Reacciona violentamente con el agua.
- R15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.
- R16 Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.
- R17 Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
- R18 Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
- R19 Puede formar peróxidos explosivos.
- R30 Puede inflamarse fácilmente al usarlo.
- R44 Riesgo de explosión al calentarla en ambiente confinado.

**Efectos sobre la salud <sup>b)</sup>**

- R20 Nocivo por inhalación.
- R21 Nocivo en contacto con la piel.
- R22 Nocivo por ingestión.
- R23 Tóxico por inhalación.
- R24 Tóxico en contacto con la piel.
- R25 Tóxico por ingestión.
- R26 Muy tóxico por inhalación.
- R27 Muy tóxico en contacto con la piel.
- R28 Muy tóxico por ingestión.
- R29 En contacto con agua libera gases tóxicos.
- R31 En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- R32 En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.

R33 Peligro de efectos acumulativos.

R34 Provoca quemaduras.

R35 Provoca quemaduras graves.

R36 Irrita los ojos.

R37 Irrita las vías respiratorias.

R38 Irrita la piel.

R39 Peligro de efectos irreversibles muy graves.

R40 Posibles efectos cancerígenos.

R41 Riesgo de lesiones oculares graves.

R42 Posibilidad de sensibilización por inhalación.

R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

R45 Puede causar cáncer.

R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.

R48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.

R49 Puede causar cáncer por inhalación.

R60 Puede perjudicar la fertilidad.

R61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

R62 Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

R63 Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

R64 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.

R65 Nocivo. Si se ingiere puede causar daño pulmonar.

R66 La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

R68 Posibilidad de efectos irreversibles.

**Efectos sobre el medio ambiente <sup>c)</sup>**

R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.

R51 Tóxico para los organismos acuáticos.

R52 Nocivo para los organismos acuáticos.

R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

R54 Tóxico para la flora.

R55 Tóxico para la fauna.

R56 Tóxico para los organismos del suelo.

R57 Tóxico para las abejas.

R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.

R59 Peligroso para la capa de ozono.

**NOTA:** Existe la posibilidad de utilizar las siguientes combinaciones de frases R

<sup>a)</sup> R14/15, R15/29

<sup>b)</sup> R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22, R23/24, R23/25, R23/24/25, R24/25, R26/27, R26/28, R26/27/28, R27/28, R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38, R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25, R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28, R39/26/27/28, R42/43, R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22, R48/23, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25, R48/23/24/25, R68/20, R68/21, R68/22, R68/20/21, R68/20/22, R68/21/22, R68/20/21/22

<sup>c)</sup> R50/53, R51/53, R52/53

**FRASES S: CONSEJOS DE PRUDENCIA RELATIVOS A LAS SUSTANCIAS  
Y PREPARADOS PELIGROSOS (Anexo IV del RD 363/1995)**

**Almacenamiento y manipulación<sup>a)</sup>**

- S1 Consérvese bajo llave.
- S2 Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S3 Consérvese en lugar fresco.
- S4 Manténgase lejos de locales habitados.
- S5 Consérvese en ... (líquido apropiado a especificar por el fabricante).
- S6 Consérvese en ... (gas inerte a especificar por el fabricante).
- S7 Manténgase el recipiente bien cerrado.
- S8 Manténgase el recipiente en lugar seco.
- S9 Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
- S12 No cerrar el recipiente herméticamente.
- S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S14 Consérvese lejos de ... (materiales incompatibles a especificar por el fabricante).
- S15 Conservar alejado del calor.
- S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.
- S17 Manténgase lejos de materiales combustibles.
- S18 Manipúlese yábrase el recipiente con prudencia.
- S33 Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.
- S47 Consérvese a una temperatura no superior a ... °C (a especificar por el fabricante).
- S48 Consérvese húmedo con ... (medio apropiado a especificar por el fabricante).
- S49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen.
- S51 Úsese únicamente en lugares bien ventilados.
- S52 No usar sobre grandes superficies en locales habitaçs.

**Higiene personal<sup>b)</sup>**

- S20 No comer ni beber durante su utilización.
- S21 No fumar durante su utilización.
- S22 No respirar el polvo.
- S23 No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S24 Evítese el contacto con la piel.
- S25 Evítese el contacto con los ojos.

**Incidente/Accidente<sup>c)</sup>**

- S26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S27 Quitese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.
- S28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante).
- S41 En caso de incendio y/o de explosión, no respire los humos.

**NOTA:** Existe la posibilidad de utilizar las siguientes combinaciones de frases S

- <sup>a)</sup> S1/2, S3/7, S3/9/14, S3/9/14/49, S3/9/49, S3/14, S7/8, S7/9, S7/47, S47/49 - <sup>b)</sup> S20/21, S24/25 - <sup>c)</sup> S27/28
- <sup>d)</sup> S29/35, S29/56 S27/28 - <sup>e)</sup> S36/37, S36/37/39, S36/39, S37/39,

- S43 En caso de incendio, utilizar ... (los medios de extinción los debe especificar el fabricante). (Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: «No usar nunca agua»).
- S45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).
- S46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase.
- S62 En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase.
- S63 En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima fuera de la zona contaminada y mantenerla en reposo.
- S64 En caso de ingestión, lavar la boca con agua (solamente si la persona está en reposo).

**Vertidos y residuos<sup>d)</sup>**

- S29 No tirar los residuos por el desagüe.
- S35 Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S40 Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese ... (a especificar por el fabricante).
- S56 Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.
- S57 Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.
- S59 Remitirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.
- S60 Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

**Equipos de protección individual (EPI)<sup>e)</sup>**

- S36 Úsese indumentaria protectora adecuada.
- S37 Úsese guantes adecuados.
- S38 En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
- S39 Úsese protección para los ojos/la cara.
- S42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S53 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

**Reactividad/Incompatibilidades**

- S30 No echar jamás agua a este producto.
- S50 No mezclar con ... (a especificar por el fabricante).

Figura 6.

vista práctico como son, además del uso previsto del producto, una descripción de los principales peligros y efectos, información sobre medidas de actuación en caso de accidente o incidente, límites o guías de exposición establecidos, etc. y, en el caso de los preparados, la relación de sustancias que forman parte de su composición y que son responsables de los peligros para la salud del mismo, incluida su gama de concentraciones.

La ficha de datos de seguridad también permite que el usuario establezca sus propios criterios de protección y prevención respecto a la peligrosidad de un producto a partir de los datos experimentales (fisicoquímicos, toxicológicos y ecotoxicológicos) disponibles. Algunos de ellos son de fácil interpretación, como los que definen el estado físico y las características básicas del producto o los que hacen referencia a su inflamabilidad y a otras propiedades fisicoquímicas. Otros son más complejos y precisan personal especializado, como es el caso de la mayoría de datos toxicológicos y ecotoxicológicos (figura 8).

LA IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO  
EN EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS  
PELIGROSOS DEPENDE DEL TIPO DE  
TRANSPORTE

Además del etiquetado y de las Fichas de Datos de Seguridad obligatorias para la comercialización, existen otras fuentes de información donde pueden encontrarse datos complementarios acerca de la naturaleza y características de peligrosidad de los productos químicos. A continuación se indican algunas de ellas:

- Normativa existente sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR), por ferrocarril (RID), por vía aérea (OACI) y por vía marítima (IMDG) o fluvial (ADN). En ellas se indican clasificaciones de peligrosidad de los productos químicos y sus correspondientes indicaciones y pictogramas.

Monografías y fichas de datos para sustancias químicas realizadas por distintas Instituciones basándose en la información científica y técnica existente.

- Bancos de datos a los que puede accederse por CD-ROM o en conexión ON-LINE.

- Bases de datos bibliográficos en los que se recogen resúmenes de los trabajos publicados en revistas especializadas.

### Otras fuentes de información

#### CONTENIDO DE UNA FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

- a) Identificación del preparado
- b) Composición/información sobre los componentes
- c) Identificación de los peligros
- d) Primeros auxilios
- e) Medidas de lucha contra incendios
- f) Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
- g) Manipulación y almacenamiento
- h) Controles de exposición/protección personal
- i) Propiedades físicas y químicas
- j) Estabilidad y reactividad
- k) Información toxicológica
- l) Información ecológica
- m) Consideraciones relativas a la eliminación
- n) Información relativas al transporte
- ñ) Información reglamentaria
- o) Otra información

Figura 7.

ALGUNAS INFORMACIONES OBTENIBLES A PARTIR DE LOS DATOS INCLUIDOS EN LA FICHA	
DATOS EXPERIMENTALES	INFORMACIÓN APORTADA
<b>PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS</b>	
<b>Aspecto. Olor</b>	Reconocimiento del producto
<b>pH</b>	Efectos sobre la piel y ojos. Corrosividad
<b>Punto/intervalo de ebullición</b>	Estado físico, sólido, líquido o gaseoso del producto en función de la temperatura de trabajo
<b>Punto/intervalo de fusión</b>	
<b>Punto de inflamación o destello</b>	Grado de inflamabilidad
<b>Límites de inflamabilidad</b>	Intervalos de concentraciones vapor/aire para los que existe riesgo de inflamación
<b>Autoinflamabilidad</b>	Peligro de inflamación espontánea
<b>Presión de vapor</b>	En función de la temperatura, facilidad de evaporación y por tanto riesgo de inflamabilidad y/o de inhalación del producto
<b>Densidad relativa</b>	
a) respecto al agua	Posibilidad de utilizar el agua como agente extintor según sean o no solubles y este valor > o < 1
b) respecto al aire	Tendencia de un producto a elevarse o a depositarse en determinadas zonas
<b>Solubilidad</b>	Efectos sobre el medio ambiente acuático. Elección de extintores
<b>Reactividad</b>	Elección de extintores y almacenamiento
<b>DATOS TOXICOLÓGICOS *</b>	
<b>DL<sub>50</sub> y CL<sub>50</sub></b> en animales	Riesgo de alterar la salud
<b>DATOS ECOTOXICOLÓGICOS</b>	
<b>DBO</b> (Demanda bioquímica de O <sub>2</sub> )	Conocimiento sobre el grado de biodegradabilidad del producto
<b>CL<sub>50</sub></b> 96-h (para peces)	Toxicidad aguda en peces
<b>CE<sub>50</sub></b> 48-h (para Daphnia)	Concentración efectiva media de inmovilización
<b>CL<sub>50</sub></b> 72-h (para algas)	Concentración de inhibición del crecimiento
<b>VALORES DE REFERENCIA</b>	
<b>Límites de exposición (LEP, TLV, MAK, etc.)</b>	Evaluación de la exposición
<b>IPVS</b> (Concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud)	Información para decidir un tipo de protección respiratoria
<p>* Básicamente aportan información sobre los efectos en la estructura o funcionamiento de los ecosistemas acuáticos.</p>	

Figura 8.

## CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

Para llevar a cabo el análisis de las condiciones de utilización de los productos y de los procedimientos de trabajo pueden adoptarse distintos enfoques. La adopción de uno u otro depende de los siguientes factores:

- las características del lugar de trabajo (establecimiento fijo, provisional, etc.);
- el tipo de proceso (continuo o discontinuo, operaciones repetidas, procesos en desarrollo, fabricación no en serie, etc.);
- las tareas realizadas (repetitivas, ocasionales, etc.);
- la complejidad técnica.

Como ejemplos bien diferenciados pueden citarse: el enfoque por productos químicos que se utilizan (clase de riesgo) y el enfoque por procesos que se llevan a cabo (actividades). En el primer caso se efectuaría un análisis de cada producto, revisando sucesivamente las circunstancias relacionadas con las fases de: recepción, almacenamiento, manipulación, utilización o procesamiento y eliminación o evacuación. En el segundo caso se llevaría a cabo la determinación y estudio en detalle de las tareas realizadas en cada proceso. En cualquier caso el análisis debe incluir los elementos esenciales que se comentan a continuación.

PARA LA CORRECTA IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO DE UN PRODUCTO DEBE IDENTIFICARSE SU PRESENCIA, LA DE LAS PERSONAS EXPUESTAS Y LOS COMPARTIMENTOS MEDIOAMBIENTALES AFECTADOS

Para llevar a cabo esta tarea deben realizarse las siguientes acciones:

1. Consultar a los trabajadores o a sus representantes y solicitar su colaboración, a fin de conocer su experiencia en el trabajo con productos químicos peligrosos y sobre sus efectos nocivos.
2. Verificar las condiciones materiales de seguridad de instalaciones, maquinaria y equipos que se utilizan en el trabajo con productos químicos, en lo relativo a las características de diseño, de acuerdo con especificaciones y normas reglamentarias; al mantenimiento, a través de un programa de revisiones periódicas de todos los elementos con funciones de seguridad, y a la adecuación de los aspectos materiales a la funcionalidad del proceso y a su “operabilidad” por los trabajadores.
3. Analizar sistemáticamente la organización y procedimien-

### Riesgos debidos a la presencia de productos químicos

tos escritos de trabajo y la formación que han recibido los trabajadores sobre la forma de hacer sus tareas. Observar todo lo que ocurre realmente en el lugar de trabajo o durante el desarrollo de la actividad laboral (conocimiento de los procedimientos reales de trabajo).

**4.** Determinar los aspectos del trabajo con productos químicos peligrosos que pueden ocasionar daños, prestando especial atención a los que puedan surgir como consecuencia de la propia actividad laboral. Entre estos aspectos se deberá considerar los detallados en la figura 9.

#### **Identificación de las personas expuestas**

Para realizar esta tarea se tendrá en cuenta la interacción, directa o indirecta, entre los trabajadores y los productos peligrosos; por ejemplo, un trabajador que pinta una superficie está directamente expuesto a los disolventes, mientras que los trabajadores que se encuentran en las proximidades realizando otras actividades están expuestos a ellos de forma inadvertida e indirecta. Para cada persona posiblemente expuesta se intentará establecer la naturaleza (agente), causas, nivel probable, duración y clase (vía) de la exposición.

#### **ASPECTOS ESPECÍFICOS A CONSIDERAR EN LA ACTIVIDAD LABORAL CON PRODUCTOS QUÍMICOS**

- Posibilidad de inhalación, ingestión o absorción cutánea de un producto peligroso para la salud, que dependerá de:
  - El estado físico de las sustancias durante su empleo o utilización (gas, vapor, líquido, sólido granulado, polvo, aerosol).
  - El tratamiento aplicado a las sustancias, volatilidad de las mismas y temperatura de trabajo.
  - El modelo correspondiente a la forma de uso de las sustancias (en sistema cerrado, incluidas en una matriz, de forma no dispersiva, de forma ampliamente dispersiva).
  - El modelo utilizado para controlar la contaminación o la exposición (confinamiento, segregación, extracción localizada, ventilación general, manipulación directa).
  - El grado de posibilidad de contacto dérmico con las sustancias (ninguna, incidental, intermitente, extensa).
- Cantidad de sustancias utilizadas.
- Duración de los procesos con posible exposición.
- Utilización o posibilidad de formación de sustancias inflamables y explosivas.
- Falta de oxígeno (asfixia).
- Presencia de sustancias corrosivas o irritantes.
- Presencia de productos inestables.
- Presencia de sensibilizantes.
- Presencia de cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción.
- Presencia de sustancias peligrosas para el medio ambiente en vertidos, desechos y residuos.

Figura 9.

También deberá prestarse especial atención a los grupos de trabajadores que pueden estar expuestos a mayores riesgos: personal con discapacidad, trabajadores jóvenes o mayores, mujeres embarazadas y madres lactantes, personal inexperto y que no ha sido informado sobre la peligrosidad de los productos que utiliza, personal que trabaja en espacios reducidos o mal ventilados, personal de mantenimiento y trabajadores con problemas de salud o en tratamiento médico.

Para realizar esta tarea se analizará el posible paso al medio ambiente de agentes químicos peligrosos a través de la ventilación natural, la ventilación general y la extracción localizada, así como la presencia de estos productos en vertidos, desechos y residuos. A su vez, es importante analizar las repercusiones del entorno ambiental en las propias condiciones de seguridad de productos y procesos; por ejemplo, una limitada iluminación en zonas de trabajo en turnos de noche, una perturbación de alarmas acústicas por ruido ambiental o un entorno físico desordenado o sucio son todos ellos factores ambientales que pueden contribuir a acrecentar determinadas situaciones de riesgo.

El resultado de este análisis debe aportar la información necesaria para descartar riesgos, identificar riesgos conocidos y con tratamiento preventivo bien establecido o decidir la necesidad de una evaluación más completa de determinadas exposiciones, aportando la información para establecer, en tal caso, la estrategia de medición más apropiada. Los datos que se obtengan deben permitir una efectiva estimación de todos los riesgos posibles y la selección de criterios de valoración adecuados para llevar a término una correcta evaluación de los riesgos.

En esta fase de identificación de riesgos la utilización de cuestionarios de chequeo puede resultar de extraordinaria utilidad, a fin de facilitar la reflexión sobre los diferentes aspectos analíticos a considerar, con la ventaja adicional de que pueden ser aplicados por el propio personal de planta, lo que propicia el autocontrol.

---

**Identificación de los compartimentos del medio ambiente afectados**

---

**Resultado del análisis**



# Evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos

9

## INTRODUCCIÓN

La evaluación del riesgo de accidente cuando el agente material implicado es un agente químico, constituye una especificidad con respecto a los criterios con que se plantean las metodologías generales de evaluación conocidas y aplicadas para evaluar el común de los riesgos de accidente de los puestos de trabajo (Riesgos de caídas, golpes, atropellos, etc.).

Al respecto, el artículo 3 del Real Decreto 374/2001 que fija las obligaciones del empresario en materia de evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores originados por agentes químicos presentes en el lugar de trabajo exige que para llevar a cabo la citada evaluación, deberá considerar y analizar, entre otros aspectos: “*sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso*”.

Si bien la evaluación del riesgo de accidente por exposición o contacto con un agente químico puede hacerse con cualquiera de las metodologías generales existentes (por ejemplo, la “Evaluación de Riesgos Laborales” publicada por el INSHT, o el “Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente” publicado en la NTP 330, o utilizar directamente el método “Evaluación matemática para control de riesgos” de W. T. FINE), las mismas no cubren las exigencias de evaluación del citado artículo 3. Asimismo, más allá de los imperativos legales, se considera con criterio estrictamente técnico, que para profundizar en el análisis no se pueden obviar las propiedades intrínsecas de los distintos agentes químicos a la hora de evaluar el riesgo de “accidente químico”.

Seguidamente se presentan distintas metodologías de evalua-

ción, con distintos niveles de complejidad y especificidad, de entre las cuales se elegirá y aplicará aquella que se ajuste más adecuadamente a cubrir las necesidades y los objetivos de cada empresa.

Los métodos de evaluación de riesgos de accidente en que intervienen agentes químicos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- a) En el primero están los llamados métodos *cualitativos* (*actualmente y cada vez más se utiliza el término "métodos simplificados" ya que en su aplicación acostumbran a usarse valores numéricos y se opera con ellos*, lo que podría dar lugar a confusiones terminológicas). Estas metodologías se emplean cuando no es razonable prever consecuencias catastróficas; se centran en el daño esperado y no en el daño máximo y permiten obtener una primera aproximación que es habitualmente suficiente para jerarquizar riesgos y, en consecuencia, fijar prioridades en la acción preventiva y, por ende, planificar las actuaciones preventivas a tomar. No acostumbran a calcular el valor absoluto del riesgo sino que, en aras de la simplicidad, cuantifican el riesgo empleando escalas numéricas relativas.
- b) El segundo grupo de métodos son los denominados *semicuantitativos* o de índices. Se basan en un sistema de índices sobre las situaciones analizadas, con los que también poder clasificar y establecer un plan de actuación.
- c) El tercer grupo son los llamados métodos *cuantitativos* (*actualmente y cada vez más se utiliza el término "métodos complejos" ya que algunos de ellos son totalmente "cualitativos", como por ejemplo el HAZOP, y otros son inicialmente cualitativos, pudiendo cuantificarse cuando se posee información objetiva sobre las tasas de fallos o probabilidad de fallo de los distintos componentes valorados, como por ejemplo los Árboles de Fallos o Árboles de Sucesos*. Ello podría asimismo dar lugar a confusiones terminológicas). Se recurre a ellos cuando las consecuencias de los accidentes pueden llegar a ser muy graves; requieren un conocimiento profundo de las características de las instalaciones y del proceso, lo que hace difícil su aplicación y por ello habitualmente deben aplicarse por un equipo de expertos. Dada la gravedad de las posibles consecuencias, es habitual centrar el análisis en el daño máximo a que puede dar lugar el accidente (*top event*).

Ayudan a estimar la probabilidad de acontecimiento de los sucesos, tanto iniciadores como desencadenantes, que provocan el accidente. Ello permite verificar si las medidas preventivas adoptadas son suficientes o es necesario introducir ciertas correcciones o mejoras.

Como se ha dicho, la elección de un método u otro dependerá del objetivo de la evaluación, del tipo de riesgo o situación a analizar y del nivel de profundización requerido. En todo caso cabe decir que los diferentes métodos son complementarios y no excluyentes.

### MÉTODO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE ACCIDENTE POR AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

La metodología de evaluación del riesgo de accidente químico que seguidamente se expone es una propuesta encaminada a facilitar a las empresas con presencia de Agentes Químicos Peligrosos (AQP), sean o no industria química, y especialmente a las pequeñas y medianas empresas, la tarea de identificar los peligros y evaluar los riesgos asociados a la utilización de los citados productos, a fin de poder realizar una correcta y objetiva planificación preventiva a partir de los resultados obtenidos con su aplicación.

Esta metodología se centra en el daño esperado y no en el daño máximo, e incorpora y desarrolla la experiencia de aplicación de metodologías simplificadas basadas en la estimación de la probabilidad de materialización de la situación de peligro que se analiza, la frecuencia de exposición a la misma y las consecuencias normalmente esperadas en el supuesto de que llegara a materializarse. Estos parámetros están considerados por el método W.T. Fine, así como en diferentes metodologías elaboradas por el INSHT, siendo también los criterios contemplados por algunas normas armonizadas elaboradas por el CEN, entre ellas la EN – 1050 y la EN – 1127-1.

La metodología que se propone permitirá categorizar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. Para ello se parte de la identificación de las deficiencias existentes en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP. Tales deficiencias o incumplimientos se relacionan con las frases R asignadas a los distintos AQP que intervienen, obteniendo de este modo el nivel de peligrosidad objetiva (NPO) de la situación. A continuación, se establece la frecuencia de exposición al nivel de peligrosidad identificado y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias (las consecuencias normalmente esperadas habrán de ser preestablecidas por la persona que aplica la metodología), se evalúa el riesgo, obteniendo el nivel de riesgo estimado para la situación valorada.

Así pues, este método evalúa el nivel de riesgo como el producto de tres variables:

$$\text{NR} = \text{NPO} \times \text{NE} \times \text{NC}$$

siendo:

NR: nivel de riesgo

NPO: nivel de peligrosidad objetiva

NE: nivel de exposición

NC: nivel de consecuencias

La información que aporta este método es orientativa, siendo su objetivo facilitar al empresario la priorización de sus actuaciones preventivas con criterios objetivos y, consecuentemente, ayudarle en su planificación preventiva.

Seguidamente se describe el proceso para la estimación de las variables citadas:

---

**Nivel de peligrosidad objetiva (NPO)**

Llamamos nivel de peligrosidad objetiva a la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente.

El punto de partida de la evaluación debe permitir identificar las deficiencias existentes en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP, para lo que se propone partir de un cuestionario de chequeo (figura 1) ajustado a las características o necesidades de las instalaciones, procesos y tareas que existen en la empresa a evaluar.

El cuestionario que se propone está planteado para verificar el grado de adecuación respecto a una serie de cuestiones que se presumen básicas para establecer el nivel de deficiencia en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP. En muchas ocasiones se precisará concretar su contenido, sustituyendo o complementando las cuestiones planteadas por otras que se ajusten a las exigencias legales o reglamentarias vigentes en cada momento o lugar, o a la situación o necesidades de la empresa que lo aplica.

El cuestionario está estructurado en cinco bloques que tienen por objetivo identificar deficiencias de distinta tipología asociadas a la presencia de AQP. Son:

- Identificación de agentes químicos
- Almacenamiento/envasado de agentes químicos
- Utilización/proceso de agentes químicos
- Organización de la prevención en el uso de agentes químicos
- Uso de EPI e instalaciones de socorro

Se podría segregar del cuestionario aquellas cuestiones planteadas para la identificación de las deficiencias cuyo incumplimiento

<b>CUESTIONARIO DE CHEQUEO PARA IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE ACCIDENTE POR AQP</b>				
	SI	NO	NO Procede	Respuesta negativa implica
				Calificación
1. Se almacenan, usan, producen,..., Agentes Químicos Peligrosos (AQP), ya sean materias primas, productos intermedios, subproductos, productos acabados, residuos, productos de limpieza, etc.				No debe cumplimentarse el cuestionario
<b>Sobre identificación de agentes químicos</b>				
2. Están identificados e inventariados los AQP presentes durante el trabajo, sea esta presencia con carácter ordinario o con carácter ocasional.				MUY DEFICIENTE
3. Están correctamente señalizados por etiqueta los envases originales de los AQP.				MUY DEFICIENTE
4. La señalización anterior se mantiene cuando se trasvase el AQP a otros envases o recipientes.				MUY DEFICIENTE
5. En tuberías que contengan AQP se han pegado, fijado o pintado etiquetas de identificación del producto y el sentido de circulación de los fluidos.				Ir a Figura 2
6. Las etiquetas se han colocado a lo largo de la tubería en número suficiente y en zonas de especial riesgo (válvulas, conexiones, etc.).				MEJORABLE
7. Se dispone de la ficha de datos de seguridad (FDS) de todos los AQP que están o pueden estar presentes durante el trabajo y, en su caso, información suficiente y adecuada de aquellos AQP que no dispongan de FDS (residuos, productos intermedios,...)				Ir a Figura 2
<b>Sobre almacenamiento / envasado de agentes químicos</b>				
8. Los AQP se almacenan en recintos especiales, agrupados por comunidad de riesgo y suficientemente aislados (por distancia o por pared divisoria) de los incompatibles o que pueden generar reacciones peligrosas.				Ir a Figura 2
9. El área de almacenamiento está correctamente ventilada, sea por tiro natural o forzado.				DEFICIENTE
10. Las áreas de almacenamiento, utilización y/o producción, cuando la cantidad y/o la peligrosidad del producto lo requieran, garantiza la recogida y conducción a una zona o recipiente seguro de fugas o derrames de AQP en estado líquido.				DEFICIENTE
11. Está prohibida la presencia o uso de focos de ignición "sin control" en el almacén de AQP inflamables y se verifica y garantiza exhaustivamente el cumplimiento de tal prohibición.				Ir a Figura 2
12. Los envases y embalajes que contienen AQP ofrecen suficiente resistencia física o química y no presentan golpes, cortes o deformaciones.				Ir a Figura 2
13. Los envases que contienen AQP son totalmente seguros (cierre automático, cierre de seguridad con enclavamiento, doble envolvente, revestimiento amortiguador de choques, etc.)				Ir a Figura 2
14. El transporte de envases, sea por medios manuales o mecánicos, se realiza mediante equipos y/o implementos que garantizan su estabilidad y correcta sujeción.				Ir a Figura 2

continúa en página siguiente

	SI	NO	NO Procede	Respuesta negativa implica	Calificación
<b>Sobre utilización/proceso de agentes químicos</b>					
15. En el puesto de trabajo y/o su entorno inmediato sólo permanece la cantidad de AQP estrictamente necesaria para el trabajo inmediato (nunca cantidades superiores a las necesarias para el turno o jornada de trabajo).					MEJORABLE
16. Los AQP existentes en el lugar de trabajo para el uso en el turno o jornada y no utilizados en ese momento, están depositados en recipientes adecuados, armarios protegidos o recipientes especiales.					MEJORABLE
17. Se evita trasvasar AQP por vertido libre y pipetear con la boca				Ir a Figura 2	
18. Se controla rigurosamente la formación y/o acumulación de cargas electrostáticas en el trasvase de líquidos inflamables				Ir a Figura 2	
19. La instalación eléctrica en las zonas con riesgo de atmósferas inflamables es antiexplosiva, al tiempo que están controlados los focos de ignición de cualquier tipología*				Ir a Figura 2	
20. La instalación eléctrica de equipos, instrumentos, salas y almacenes de productos corrosivos es adecuada				Ir a Figura 2	
21. Las características de los materiales, equipos y herramientas son adecuadas a la naturaleza de los AQP que se utilizan.				Ir a Figura 2	
22. Se comprueba la ausencia de fugas y, en general, el correcto estado de las instalaciones y/o equipos antes de su uso.				Ir a Figura 2	
23. En aquellos equipos o procesos que lo requieren, existen sistemas de detección de condiciones inseguras (nivel del LII en un túnel de secado, temperatura/presión de un reactor, nivel de llenado de un depósito,...) asociados a un sistema de alarma.				Ir a Figura 2	
24. Los sistemas de detección existentes, cuando se precisa ante situaciones críticas, actúan sobre una o varias de las siguientes opciones: paro del proceso, detención de la alimentación de productos, activación de sistemas de barrido de seguridad, provocan el venteo de la instalación, etc.					DEFICIENTE
25. Los venteos y salidas de los dispositivos de seguridad para productos inflamables / explosivos están canalizados a lugar seguro y cuando se precisa dotados de antorchas				Ir a Figura 2	
26. Existen para el tratamiento de productos tóxicos o corrosivos medios para el tratamiento, absorción, destrucción y/o confinamiento seguro de los efuentes provenientes de los dispositivos de seguridad y de los venteos.				Ir a Figura 2	
27. Las operaciones con posibles desprendimientos de gases, vapores, polvos, etc., de AQP se realizan mediante procesos cerrados ó, en su defecto, en áreas bien ventiladas o en instalaciones dotadas de aspiración localizada.				Ir a Figura 2	
28. Con carácter general, se han implantado las medidas de protección colectiva necesarias para aislar los AQP y/o limitar la exposición y/o contacto de los trabajadores a los mismos.					DEFICIENTE
<b>Sobre organización de la prevención en el uso de agentes químicos</b>					
29. Se exige autorización de trabajo para la realización de operaciones con riesgo en recipientes, equipos o instalaciones que contienen o han contenido AQP.				Ir a Figura 2	

continúa en página siguiente

	SI	NO	NO Procede	Respuesta negativa implica	Calificación
30. Está garantizado el control de accesos de personal foráneo o personal no autorizado a zonas de almacenamiento, carga/descarga o proceso de AQP.				Ir a Figura 2	
31. Los trabajadores han sido explícita y adecuadamente informados de los riesgos asociados a los AQP y formados correctamente sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.				Ir a Figura 2	
32. Los trabajadores tienen acceso a la FDS suministrada por el proveedor.					MEJORABLE
33. Se dispone de procedimientos escritos de trabajo para la realización de tareas con AQP.				Ir a Figura 2	
34. Existe un programa de mantenimiento preventivo de aquellos equipos o instalaciones de cuyo correcto funcionamiento dependa la seguridad del proceso.					DEFICIENTE
35. Está garantizada la limpieza de puestos y locales de trabajo. (Se ha implantado un programa y se controla su aplicación).					MEJORABLE
36. Se dispone de medios específicos para la neutralización y limpieza de derrames y/o para el control de fugas y existen instrucciones de actuación.					DEFICIENTE
37. Existe un programa de gestión de residuos y se controla su aplicación.					DEFICIENTE
38. Se han implantado normas de higiene personal correctas (lavarse las manos, cambiarse de ropa, prohibición de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo, etc.) y se controla su aplicación.					MEJORABLE
39. Se dispone de Plan de Emergencia ante situaciones críticas en las que se vean involucrados AQP (fugas, derrames, incendio, explosión, etc.).					MUY DEFICIENTE
40. Con carácter general, se han implantado las medidas organizativas necesarias para aislar los AQP, limitar la exposición y contacto de los trabajadores con los mismos, contemplando la posible existencia de trabajadores especialmente sensibles					DEFICIENTE
<b>Sobre uso de EPI e instalaciones de socorro</b>					
41. Se dispone y se controla el uso eficaz de los equipos de protección individual (EPI) necesarios en las distintas tareas con riesgo de exposición o contacto con AQP.				Ir a Figura 2	
42. Existen duchas descontaminadoras y fuentes lavaojos próximas a los lugares donde sea factible la proyección de AQP.				Ir a Figura 2	
43. Con carácter general, se hace una correcta gestión de los EPI, de la ropa de trabajo y de las instalaciones de socorro.					
44. Se aprecian otras deficiencias o carencias en cuanto a las protecciones colectivas, medidas organizativas y uso de EPI: Citarlas y valorarlas**					

\* Para conocer si hay riesgo de atmósfera explosiva tendría que clasificarse previamente la zona de trabajo en función de la presencia de sustancias inflamables y, en su caso, verificarlo con un explosímetro

\*\* Esta cuestión se debería cumplimentar y desarrollar cuando se haya respondido NO a alguna de las cuestiones nº 28, 40 y 43

miento puede dar lugar a que se produzca un incendio o explosión (deficiente o insuficiente control de combustible y focos de ignición). Los datos obtenidos de estas cuestiones determinan la probabilidad de inicio que, valorada conjuntamente con el grado de cumplimiento de las medidas de protección contra incendios reglamentariamente exigibles, proporciona información sobre el nivel de riesgo de incendio. Actuando de este modo, se profundiza más en la evaluación del riesgo de incendio o explosión, obteniéndose información más objetiva y precisa. Al respecto, se remite a la **NTP 599**, en la que se exponen los criterios de evaluación del riesgo de incendio.

Las deficiencias o incumplimientos identificados con la aplicación del cuestionario son, en si mismas, insuficientes para valorar objetivamente el nivel de inseguridad. **Para evaluar el riesgo de accidente químico es tan importante saber cómo se trabaja como saber con qué se trabaja.** A título de ejemplo, un trasvase incorrecto que provoca salpicaduras al operario que realiza la operación es, en si y per se, una operación deficiente. Ahora bien, para valorar objetivamente el nivel de peligrosidad asociado a tal deficiencia hemos de saber con qué producto se trabaja. Si se trasvasa agua destilada y este operario permanece toda la jornada mojado puede acabar resfriado; si, en cambio, trasvasa un producto irritante las consecuencias serán diferentes y sufrirá irritaciones de distinta índole o importancia; si trasvasa un corrosivo padecerá quemaduras más o menos graves.

La cumplimentación del cuestionario nos proporciona una información y un conocimiento del nivel de deficiencia global de la empresa. Para evaluar el nivel de riesgo puntual y concreto de cada tarea, actividad, instalación..., se aplicará el NE y el NC a cada una de las cuestiones que suponen un incumplimiento al que, a su vez se ha asignado un determinado NPO. Con ello conoceremos el NR de cada una de las deficiencias identificadas.

Cualquier respuesta negativa a cada pregunta del cuestionario implica un determinado nivel de deficiencia que en algunos casos es independiente del AQP implicado (y se indica en el propio cuestionario) pero que, en general, depende de las frases R asignadas al AQP (figura 2). Ello comporta que en principio la metodología tan solo sería aplicable a AQP que tengan asignada una frase R, es decir a productos comercializados y que no podría aplicarse a productos que no dispongan de frase R, como pueden ser los productos intermedios, subproductos, residuos, etc. En estos supuestos, se deberá conocer la peligrosidad intrínseca de tales productos y extrapolarla a la frase R más representativa.

CRITERIOS DE VALORACIÓN			
Cuestión nº	MUY DEFICIENTE	DEFICIENTE	MEJORABLE
5,7	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R26, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18,R23, R24, R25, R29, R30, R34, R41, R44	R20,R21,R22, R36, R37 R38
8			
9	R7, R12, R26	R10, R11, R23, R30	R20, R36, R37, R38
10	R7, R12, R14, R15, R17, R18, R19, R26, R27, R35, R39	R10, R11, R23, R24, R30, R34	R20, R21, R36, R37, R38
11	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R8, R9, R10, R11, R18, R30, R44	
12,13,14	R1a R6, R7, R12, R16, R17, R19, R26, R27, R35, R39	R9, R10, R11, R18, R23, R24, R30, R34, R41, R68	R20, R21, R36, R37, R38
17	R7, R12 ,R16, R17, R26, R27, R28, R35, R39	R10, R11, R18, R23, R24, R25, R30, R34, R41, R68	R20, R21, R22, R36, R37, R38, R65
18	R7, R12	R10, R11, R18, R30	
19	R1 a R6, R12, R15	R8, R10, R11, R18, R30	
21,22,23	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R26 ,R27,R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R23, R24, R30, R34, R41, R44	R20, R21, R36, R37, R38
25	R2, R3, R5 ,R6, R7, R12, R14, R15,R16, R17,R19	R8, R9, R10, R11, R18, R30, R44	
26	R26, R27, R35, R39	R23, R24, R34, R41, R68	R20, R21, R36, R37, R38
27	R7, R12 ,R26, R27, R35, R39	R10, R11, R18, R23, R24, R30, R34, R41, R68	R20, R21, R36, R37, R38
29	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R41, R44	R37
30, 31	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R26,R27, R28, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R23, R24, R25, R30, R34, R41, R44	R20, R21, R22, R36, R37, R38
33			R20, R37
41,42	R26, R27, R35, R39	R23, R24, R34, R41, R68	R20, R21, R36,R38

Figura 2 .

Así, por ejemplo, una respuesta negativa a la cuestión 5 conducirá a una calificación de mejorable si el AQP tiene asignada la frase R38, a una calificación de deficiente si tiene asignada la frase R34 o a una calificación de muy deficiente si tiene asignada la frase R35.

Así pues, para cada cuestión se obtiene una calificación que puede ser muy deficiente, deficiente o mejorable (en caso de que la cuestión sea procedente) en función de los factores de riesgo presentes y de la peligrosidad intrínseca del AQP conocida por sus frases de riesgo R. No se califica la cuestión nº 1, ya que al plantearse como una pregunta “llave”, su respuesta negativa significa que en la empresa no existen AQP y que, por tanto, no procede seguir cumplimentando el cuestionario.

En función del conjunto de todas las respuestas se obtiene una calificación global del nivel de deficiencia, que puede ser muy deficiente, deficiente, mejorable o aceptable según los siguientes criterios:

- La calificación global será muy deficiente si alguna de las cuestiones es calificada de muy deficiente o bien si más del 50% de las cuestiones aplicables reciben la calificación de deficiente.
- La calificación global será deficiente si, no siendo muy deficiente, alguna de las cuestiones es calificada de deficiente o bien si más del 50% de las cuestiones aplicables reciben la calificación de mejorable.
- La calificación global será mejorable si, no siendo muy deficiente ni deficiente, alguna de las cuestiones es calificada como mejorable.
- La calificación global será aceptable en los demás casos.

Los valores numéricos asignados a cada nivel de peligrosidad objetiva distinto, y el significado de los mismos, se indican en la figura 3.

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD OBJETIVA		
PELIGROSIDAD OBJETIVA	NPO	SIGNIFICADO
Aceptable	-	No se han detectado anomalías destacables. El riesgo está controlado. Comporta tomar las medidas establecidas en el nivel de riesgo 1 de la figura 7.
Mejorable	2	Se han detectado factores de riesgo de importancia relativa. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo admite convenientes mejoras.
Deficiente	6	Se han detectado factores de riesgo que precisan ser corregidos. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo no garantiza un control suficiente del mismo.
Muy Deficiente	10	Se han detectado factores de riesgo significativos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.

*Figura 3.*

*Consideraciones adicionales para el correcto uso de las figuras 1 y 2*

- *El cuestionario está propuesto a título orientativo y abierto; en ningún caso debe considerarse exhaustivo y cerrado. Cada empresa lo ajustará a sus necesidades.*

- Para los productos que no dispongan de frase R, como pueden ser los productos intermedios, subproductos, residuos, etc., se deberá conocer la peligrosidad intrínseca de tales productos y extrapolarla a la frase R más representativa.
- Las cuestiones número 28, 40 y 43 se plantean a modo de compendio resumen de las cuestiones del mismo bloque (15 a 27, 29 a 39 y 41 a 42 respectivamente) y se dejan abiertas a otros incumplimientos que, no estando contemplados en el cuestionario, son identificados por la persona que lo aplica. Se valoran con la calificación genérica de Deficiente, aunque tal valoración debería sustituirse por la que obtuviera el técnico analista que, como el propio cuestionario contempla en la cuestión nº 44, debería citar y valorar.
- El uso que se hace en la figura 2 de las frases R 20, R 23 y R 26 respectivamente en las columnas de Mejorable, Deficiente y Muy Deficiente es en concepto de efectos agudos (**nunca efectos crónicos**) y su aplicación debería asimilarse a los valores de la concentración Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud (IPVS) asignados a los distintos productos. Al respecto se remite a la NTP 292, la cual debe actualizarse con las publicaciones posteriores de NIOSH relativas a los valores *Inmediately Dangerous to Life or Health concentrations (IDLH)*.
- Si el producto dispone de combinaciones de frases R, en la figura 2 se usarán las mismas en lugar de la frase R indicada. Así por ejemplo si en la etiqueta aparecen las frases R 14/15, sustituirán a la R 14 y R 15 de la citada figura.
- Ante la existencia de frases R que condujeran a distinto nivel de peligrosidad, se tomará el mayor de ellos.

El nivel de exposición es un indicador de la frecuencia con la que se presenta la exposición a un determinado riesgo. El nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas y/o tareas en que se haya identificado el riesgo. Su significado se muestra en la figura 4.

Los valores numéricos asignados, como puede observarse en la figura 4, son inferiores a los asignados para el nivel de peligrosidad objetiva, ya que, si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debería ocasionar el mismo nivel de riesgo que una deficiencia alta con exposición baja.

#### Nivel de exposición (NE)

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN	
NE	SIGNIFICADO
1	Ocasionalmente.
2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
3	Varias veces en su jornada laboral en tiempos cortos.
4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.

Figura 4.

**Nivel de consecuencias (NC)**

Se considerarán las consecuencias normalmente esperadas en caso de materialización del riesgo. Se establecen cuatro niveles de consecuencias que categorizan los daños personales previsiblemente esperados en caso de que el riesgo se materialice.

Como puede observarse en la figura 5 el valor numérico asignado a las consecuencias es muy superior a los de peligrosidad objetiva y exposición, ya que la ponderación de las consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración del riesgo.

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONSECUENCIAS	
NC	SIGNIFICADO
10	Pequeñas lesiones
25	Lesiones normalmente reversibles
60	Lesiones graves que pueden ser irreversibles
100	Uno o varios muertos

Figura 5.

**Nivel de riesgo (NR)**

Todos los pasos seguidos hasta aquí conducen a la determinación del nivel de riesgo, que se obtiene por el producto del nivel de peligrosidad objetiva por el nivel de exposición y por el nivel de consecuencias (figura 6).

NC	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (NPO x NE)				
	2 – 4	6 – 8	10 – 20	24 – 40	
	10	20 – 40	60 – 80	100 – 200	240 – 400
25	50 – 100	150 – 200	250 – 500	600 – 1000	
60	120 – 240	360 – 480	600 – 1200	1440 – 2400	
100	200 – 400	600 – 800	1000 – 2000	2400 – 4000	

Figura 6.

En la figura 7 se detalla el significado de los cuatro niveles de riesgo obtenidos.

<b>SIGNIFICADO DE LOS DIFERENTES NIVELES DE RIESGO</b>		
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
1	20 - 40	Mejorar en lo posible. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas actuales
2	50 - 120	Establecer medidas de reducción del riesgo e implantarlas en un período determinado
3	150 - 500	Corregir y adoptar medidas de control a corto plazo
4	600 - 4000	Situación que precisa de una corrección urgente

*Figura 7.*

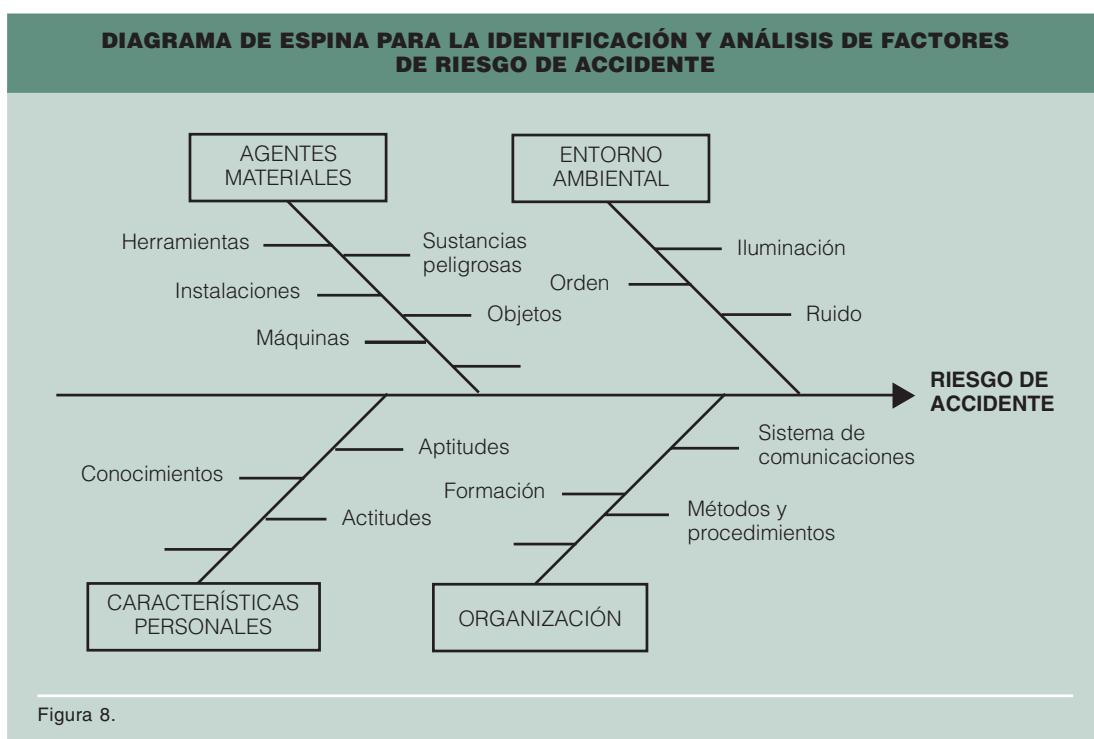
## ÍNDICES DE RIESGO DE PROCESOS QUÍMICOS (IRPQ)

La metodología de índices de riesgo de procesos químicos, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se basa en la aplicación de una serie de cuestionarios de chequeo sobre los diferentes aspectos que configuran la seguridad de un proceso en el que intervienen sustancias o preparados peligrosos.

Ante la dificultad que conlleva analizar un proceso químico por la diversidad de variables existentes y su compleja interrelación, se ha diseñado esta metodología que forma parte de lo que se denominan “análisis preliminares de seguridad autoevaluativos”. Este método permite la identificación de situaciones anómalas o deficiencias en las unidades de proceso y ayuda a su resolución mediante un análisis semicuantitativo del riesgo y la indicación de algunas de las medidas preventivas recomendables, basadas en criterios legales o, en su defecto, en estándares preventivos generalmente aceptados en medios profesionales.

Los cuestionarios que conforman esta metodología se clasifican en función del tipo de riesgo siguiendo la clasificación del diagrama de la espina de la figura 8, y permiten revisar temas clave tanto relativos a agentes materiales y ambientales como a aspectos humanos y organizativos, aportando, cada uno de ellos por separado y en su interrelación, criterios claros sobre el grado de control de los diferentes tipos de riesgos químicos o situaciones deficitarias que puedan coexistir.

Con la aplicación de esta metodología a procesos químicos y las correspondientes unidades en que éstos se subdividen, se



detectan factores de riesgo, que podrían no haber sido tenidos suficientemente en cuenta en metodologías más generales, para ser subsanados y con ello se facilita la resolución de deficiencias. También abre la puerta a la ulterior aplicación de otros métodos de evaluación más precisos en instalaciones que, por su peligrosidad, requieren una mayor rigurosidad en el análisis.

Existen otras metodologías de evaluación de riesgos de accidente de tipo semicuantitativo de reconocida utilidad como los índices DOW y MOND aplicables también a procesos químicos, aunque están dirigidos fundamentalmente al control del riesgo de incendio. Ambos índices proporcionan un método fácil y directo para la estimación rápida de los riesgos asociados a una planta de proceso químico.

## METODOLOGÍAS COMPLEJAS

### **Los análisis funcionales de operatividad (Hazop)**

La metodología “Hazop” (*HAZard and OPerability analysis*), denominada “Análisis Funcional de Operabilidad” (AFO) en español, es una de las técnicas más versátiles que existen para la identificación de peligros en la industria química, ya que permite la reflexión crítica de cualquier proceso ante posibles

desviaciones del mismo por causas que se tratará de averiguar. Se trata de un método de tipo cualitativo, aunque complejo, desarrollado originalmente por la compañía ICI (*Imperial Chemical Industries*) del Reino Unido para aplicarlo al diseño de plantas de fabricación de pesticidas, y hoy extendido en la industria química.

La definición dada por ICI de su método hace referencia a “La aplicación de un examen crítico, formal y sistemático a un proceso o proyecto de ingeniería de una nueva instalación para evaluar el riesgo potencial de la operación o el funcionamiento incorrecto de los componentes individuales de los equipos y sus efectos sobre la instalación como conjunto”.

Aunque inicialmente concebido para su aplicación en fase de proyecto, el método se utiliza actualmente con probado éxito para identificar fallos y/o desviaciones de los componentes en instalaciones en uso.

Como se ha dicho, es extraordinariamente útil en la fase inicial de diseño; lo que permitirá introducir significativas mejoras de partida, pero también lo es en plantas ya existentes pues facilita la aportación de mejoras de seguridad. Permite estudiar en cada una de las unidades de la instalación qué puede suceder y cuáles van a ser las consecuencias de posibles accidentes al producirse alteraciones en las condiciones normales de trabajo, por variaciones en la presión, temperatura, flujos de materias, concentraciones o formación de subproductos.

LA METODOLOGÍA “HAZOP” ES UNA DE LAS TÉCNICAS MÁS VERSÁTILES QUE EXISTEN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

A fin de optimizar su uso, habitualmente será necesario un trabajo en equipo integrado por personas conocedoras de la instalación en sus diferentes aspectos (producción, instrumentación, mantenimiento, seguridad, etc.) y dispuestas a dedicar un periodo de tiempo al análisis exhaustivo de las condiciones de seguridad. Un líder, que normalmente será el técnico del Servicio de Prevención, coordina al grupo. La diversidad de los miembros del equipo estimula la creatividad de las sesiones de trabajo, durante las cuales, mediante la aplicación de una serie de palabras-guía, se analizan las desviaciones de los parámetros clave del sistema. Será el propio grupo el que consensuará el grado de tolerancia a las consecuencias negativas por anomalías o desviaciones previsibles del sistema y la necesidad de medidas de seguridad adicionales o complementarias. En la figura 9 se da una muestra de análisis por el método HAZOP. En la **NTP 238** se realiza un desarrollo más exhaustivo de esta metodología

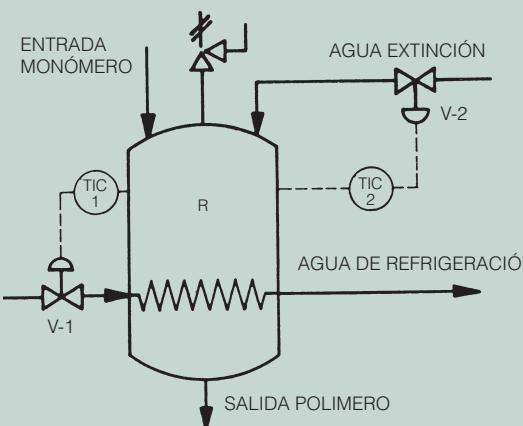
<b>MUESTRA DE ANÁLISIS POR EL MÉTODO "HAZOP"</b>				
		<b>UNIDAD DE PROCESO:</b> REACTOR QUÍMICO DE POLIMERIZACIÓN		
		<b>PARTE A ANALIZAR:</b> CONDUCCIÓN AGUA DE REFRIGERACIÓN		
		<b>PARÁMETRO A CONSIDERAR:</b> FLUJO		
<b>PALABRAS-GUIAS A APLICAR EN LAS DIFERENTES UNIDADES DE LA INSTALACIÓN Y SOBRE CADA UNA DE LAS VARIABLES DEL PROCESO: FLUJO, TEMPERATURA, PRESIÓN, ETC.</b>				
Palabra guía	Significado			
NO	NEGACIÓN O AUSENCIA DE LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO			
MÁS MENOS	AUMENTO O DISMINUCIÓN CUANTITATIVA Se refiere a cantidades de medición como: Caudales, presión, temperatura o a actividades (calentar, reaccionar, etc.).			
MÁS DE o ASÍ COMO	AUMENTO CUALITATIVO Si bien se realiza la función deseada, junto a ella tiene lugar una actividad adicional.			
PARTDE	DISMINUCIÓN CUALITATIVA Se realiza solamente una parte de la función deseada.			
INVERSO	OPOSICIÓN A LA FUNCIÓN DESEADA Utilizable preferentemente para actividades (flujo de retroceso, inversión de reacción química, etc.)			
DE OTRA FORMA	SUSTITUCIÓN COMPLETA DE LA FUNCIÓN DESEADA			
Palabra guía	Desviación	Consecuencias	Causas	MEDIDAS PROPUESTAS
NO	No flujo	Ausencia refrigeración. Aumenta temperatura en R. Aumenta presión. Posible explosión de R. Posible fuga de gas.	(1) Fallo Bomba. (2) Válvula V-1 estropeada, cerrada (o TIC-1 falla en posición de cerrado). (3) Obstrucción en el circuito.	Instalar bomba adicional. Introducir la comprobación de V-1 y TIC-1 en manual de operaciones. Introducir comprobación periódica del circuito de refrigeración en el manual.
MENOS	Poco caudal	Idem que NO	Idem que NO	Idem que NO
DE OTRA FORMA	Circula otro fluido	Corrosión del circuito (posible). Posible falta de refrigeración.	Conexión errónea en el circuito	Introducir comprobación del circuito después de cualquier reparación en el manual.

Figura 9.

Esta metodología forma parte de los análisis probabilísticos, ya que su finalidad primordial es determinar la probabilidad de acontecimiento de sucesos, normalmente de graves consecuencias.

Aunque el objetivo último de esta metodología sea conocer cuantitativamente la probabilidad del acontecimiento del suceso a evitar (*top event*), inicialmente se trata de un método cualitativo para identificar las distintas “vías de fallo” que a partir de los fallos básicos podrían producir el suceso a evitar.

Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un suceso o evento que se pretende evitar; para ello es necesario averiguar si la fiabilidad de las medidas preventivas existentes o que se prevé aplicar es suficiente. Nos permite salir de la incertidumbre sobre si un riesgo de accidente está debidamente controlado.

De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del “evento a evitar”, conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de puertas lógicas o nudos que se representan por los símbolos indicados como A, B y C en la figura 10. El primero representa la “Y”, o sea: el suceso tiene lugar si *simultáneamente* se producen dos o más fallos. En cambio, el segundo representa la “O”, o sea: el suceso tiene lugar si *indistintamente* sucede cualquiera de los fallos que lo originan.

El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de *sucesos básicos*, denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados, aunque también alguna rama puede terminar por alcanzar un *suceso no desarrollado* en otros, sea por falta de información, sea por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen. Los sucesos básicos se representan gráficamente por círculos, los sucesos intermedios por rectángulos y los sucesos no desarrollados por rombos.

Estos *sucesos básicos o no desarrollados*, que se encuentran en la parte inferior de las ramas del árbol, se caracterizan porque son independientes entre ellos y las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas a partir de bases de datos de fiabilidad de componentes suministrados por sus fabricantes o proveedores y por la propia experiencia.

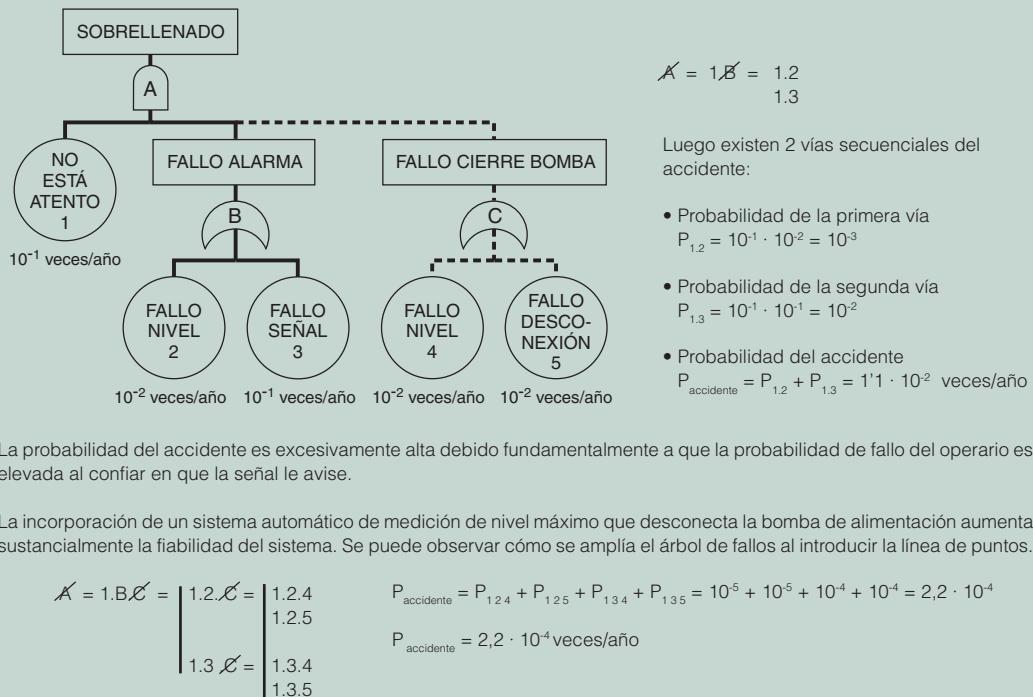
Para ser eficaz, un análisis por el árbol de fallos debe ser elaborado por personas muy conocedoras de la instalación y que

### Método de análisis por el árbol de fallos y errores

LA FINALIDAD PRIMORDIAL DEL MÉTODO DE ANÁLISIS POR ÁRBOL DE FALLOS Y ERRORES ES DETERMINAR LA PROBABILIDAD DE ACONTECIMIENTO DEL SUCESO

### EJEMPLO DE ANÁLISIS POR EL ÁRBOL DE FALLOS Y ERRORES

Se trata de analizar el riesgo de accidente al sobrelleñarse por bombeo un depósito de un producto corrosivo, cuya operación es controlada por la presencia de un operario y una alarma de nivel máximo cuyas probabilidades de fallo orientativas se han indicado en el árbol. Si la señal de alarma suena, el operario oye la señal.



La probabilidad del accidente es excesivamente alta debido fundamentalmente a que la probabilidad de fallo del operario es elevada al confiar en que la señal le avise.

La incorporación de un sistema automático de medición de nivel máximo que desconecta la bomba de alimentación aumenta sustancialmente la fiabilidad del sistema. Se puede observar cómo se amplía el árbol de fallos al introducir la línea de puntos.

tengan experiencia en la aplicación de este método, siendo recomendable que el trabajo sea realizado por un equipo multidisciplinar. En la figura 10 se muestra un sencillo árbol para analizar las diferentes combinaciones de fallos que pueden provocar un accidente.

Una vez representado gráficamente el árbol, habrá que averiguar cuáles son las diferentes vías secuenciales por combinación de fallos que pueden provocar el accidente. Para ello se representan las puertas o nudos con letras y los fallos básicos con números, y de arriba hacia abajo se irán reduciendo las letras para finalmente encontrar los conjuntos mínimos de fallos básicos y calcular su probabilidad de coincidencia.

En la **NTP 333** se profundiza en el conocimiento de esta metodología y su aplicación a un supuesto práctico permite hacer un seguimiento exhaustivo de la misma y de sus utilidades.

Figura 10.

Método inductivo de identificación y evaluación de riesgos que permite estimar los accidentes provocados por el fallo de un determinado equipo u operación. Puede utilizarse cualitativa y cuantitativamente. Al igual que el anterior tiene que ser aplicado por personas con experiencia y con conocimientos de la instalación/equipo que se analiza, requiriendo esfuerzos y tiempo para alcanzar análisis profundos. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en la **NTP 328**.

La diferencia esencial entre el método del árbol de sucesos y el árbol de fallos es que, así como en este último se parte de un acontecimiento final o intermedio para averiguar su origen, en el primero, partiendo de un determinado fallo o suceso intermedio, trata de verificar cómo responde el sistema, con las medidas preventivas previstas, para determinar si es suficientemente seguro. O sea, el árbol de sucesos analiza yendo hacia adelante, y en cambio el árbol de fallos, lo hace yendo hacia atrás.

#### **Método del árbol de sucesos**



# Evaluación del riesgo para la salud

# 10

## INTRODUCCIÓN

Después de identificar la presencia de agentes químicos peligrosos en los lugares de trabajo, debe procederse a la evaluación específica de los riesgos para la salud, cuyos objetivos son:

1. Decidir si es necesario adoptar medidas preventivas adicionales a las ya existentes.
2. Concretar dichas medidas preventivas.
3. Priorizarlas.

Las características y mecanismos de la acción tóxica para la salud, que se han tratado en el capítulo 4, ponen de manifiesto la gran diversidad y gravedad de los daños posibles, y cómo el tipo de la exposición y las condiciones en las que se produce son determinantes para la materialización de los efectos adversos.

Al igual que para el riesgo de accidente, existen distintos enfoques para la evaluación de los riesgos para la salud, según el nivel de profundidad de la información que se obtenga, pudiéndose agrupar en evaluaciones simplificadas y evaluaciones complejas o detalladas. La diferencia entre ambas estriba en que en el segundo caso la evaluación se basa en medir (cuantificar) la concentración de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo.

EXISTEN EVALUACIONES SIMPLIFICADAS Y  
EVALUACIONES BASADAS EN LA MEDICIÓN  
CUANTITATIVA DE LA CONCENTRACIÓN

## EVALUACIÓN DETALLADA DEL RIESGO PARA LA SALUD

Este tipo de evaluaciones se basan en la medición de la concentración ambiental de los agentes químicos, que es el procedimien-

to que indica, con carácter general, el Real Decreto 374/2001 en su artículo 3 sobre evaluación de los riesgos. Ello implica un proceso de cierta complejidad técnica que consiste, secuencialmente, en el establecimiento de una estrategia de muestreo, la utilización de métodos estandarizados de toma de muestra y análisis, el tratamiento de los datos obtenidos y la comparación con criterios de valoración previamente definidos para llegar a conclusiones estadísticamente significativas sobre la magnitud del riesgo.

Es interesante mencionar que existe otro tipo de evaluaciones, que aún incorporando datos cuantitativos, no pueden ser consideradas evaluaciones exhaustivas o detalladas. Aportan más información, y más objetiva, que la evaluación simplificada (no cuantitativa), pero sus datos no gozan de representatividad estadística. Ejemplos de ello son: mediciones en la situación más desfavorable (que pongan en evidencia que la situación es higiénicamente correcta), mediciones para confirmar una situación inaceptable, mediciones puntuales para conocer aproximadamente el nivel de la concentración, etc. En algunos casos, estas evaluaciones permiten llegar a resultados concluyentes, tanto respecto a la aceptabilidad de la exposición, como a su inaceptabilidad y, en este último caso, per-

CUANDO NO ES POSIBLE ALCANZAR CONCLUSIONES MEDIANTE UNA EVALUACIÓN SIMPLIFICADA, ES NECESARIO RECURRIR A LA EVALUACIÓN DETALLADA DEL RIESGO

miten poner en evidencia la necesidad de adoptar medidas preventivas sin recurrir a una evaluación en más profundidad ahorrando tiempo y recursos.

Cuando, por el contrario, no es posible alcanzar conclusiones, es necesario recurrir a la evaluación exhaustiva o detallada del riesgo mediante un procedimiento con las siguientes etapas:

1. Evaluar la relación exposición respuesta (dosis - efecto) del producto peligroso, cuando proceda.
2. Establecer o seleccionar un criterio de valoración.
3. Evaluar la exposición de los trabajadores.
4. Evaluar el riesgo, aplicando el criterio establecido.

Las etapas 1 y 2 forman parte del conocimiento científico publicado hasta el momento para cada sustancia. Es misión del higienista que pretende evaluar un puesto de trabajo, revisar la información existente para cada sustancia, y después continuar el proceso desde la etapa 3.

#### Evaluación de la relación exposición (dosis) - respuesta (efecto)

De acuerdo con los conceptos expuestos en el capítulo 4 sobre las relaciones exposición-efecto y exposición-respuesta, para llevar a cabo esta evaluación es preciso establecer, en primer lugar, la relación exposición (dosis) - efecto de las sustancias químicas implicadas. A partir de esta relación se concreta el efec-

to o nivel de efecto que se considera inadmisible y se determina la relación exposición - respuesta para este efecto concreto en un grupo de individuos (habitualmente animales de experimentación). Estas relaciones pueden estar ya estudiadas y ser accesibles todos los datos relevantes a través de la bibliografía especializada, o pueden no ser conocidas, en cuyo caso deberán efectuarse los estudios necesarios para su establecimiento. Debe recordarse que el conocimiento de la relación exposición - respuesta integra datos cualitativos y cuantitativos: el tipo, la incidencia y gravedad o probabilidad de los efectos debidos a una gradación de exposiciones, la variabilidad de la respuesta en un grupo de individuos, los posibles casos de especial sensibilidad, etc.

El primer objetivo del conocimiento de la relación exposición - respuesta es poder deducir la severidad y/o probabilidad del efecto adverso previsible sobre un individuo o un grupo de individuos debido a una exposición previamente caracterizada.

Un segundo objetivo de dicho conocimiento es poder establecer las exposiciones o dosis máximas que no producen efectos adversos o que producen un efecto que significa el máximo riesgo que puede ser asumido. Estas exposiciones máximas constituyen unos criterios de valoración objetivos para determinar la conformidad de una situación laboral con posible riesgo por exposición a agentes químicos y representan, igualmente, los valores límite de la exposición que se deben respetar para mantener controlado el riesgo.

Cuando, al evaluar el riesgo químico en un ambiente de trabajo, el valor límite de exposición para el agente químico en cuestión ya está establecido por la autoridad competente y constituye no sólo un criterio de valoración del riesgo para la salud sino también un criterio de valoración legal, el proceso de evaluación se simplifica notablemente y se incrementa su objetividad ya que no es preciso efectuar una evaluación completa de la relación exposición-respuesta del contaminante con objeto de establecer un criterio de valoración particular. No obstante, siempre es recomendable conocer el efecto adverso en el que se basa el límite de exposición establecido y algunos otros datos sobre dicho efecto, ya que pueden ser importantes para determinar prioridades y la adopción de algunas medidas específicas para controlar el riesgo.

El establecimiento de estos valores límite de exposición es, por tanto, sumamente útil para facilitar la evaluación de los riesgos químicos y constituye una parte importante de las actividades dirigidas al control de dichos riesgos.

#### **Establecimiento de criterios de valoración**

*Establecimiento de valores límite de exposición*

Se ha visto que el estudio de las correlaciones exposición-efecto de los productos químicos permite distinguir entre dos clases de efectos: graduados y no graduados.

En el primer caso, la relación cuantitativa gradual existente entre la exposición y el efecto sobre un grupo de individuos permite determinar, entre los datos disponibles, el nivel máximo de exposición que no produce efecto adverso observable en el grupo (NOAEL) o, si esta determinación plantea problemas prácticos, identificar la menor exposición asociada a un efecto adverso (LOAEL). Los valores correspondientes, introduciendo

factores de seguridad en función de la representatividad o fiabilidad de los datos, constituyen los límites de exposición que podrán ser utilizados como criterios de valoración del riesgo.

EL ESTABLECIMIENTO DE VALORES LÍMITE  
DE EXPOSICIÓN ES IMPORTANTE PARA  
FACILITAR LA EVALUACIÓN DEL RIESGO  
QUÍMICO

Los límites de exposición así obtenidos tienen carácter científico ya que responden exclusivamente a criterios de salud, lo que les confiere garantía de validez, pero también tienen una gran carga de subjetividad debido a la necesaria elección del efecto adverso sobre la salud que se establece como "no admisible", a los factores de seguridad que se aplican al valor NOAEL determinado y al grado en que el grupo de individuos origen de los datos considerados sea representativo de la variabilidad de la respuesta de la población en la que se utilizará el límite de exposición obtenido.

Los efectos graduados pueden ser consecuencia de exposiciones crónicas (en general repetidas todos los días de trabajo) o de exposiciones agudas. Por este motivo, los límites de exposición corresponderán, en el primer caso, a exposiciones crónicas caracterizadas por una concentración ambiental media durante un tiempo de exposición prolongado: 8 horas/día, 40 horas/semana, un mes, un año o toda una vida laboral; y en el otro caso corresponderán a exposiciones agudas caracterizadas por una concentración ambiental media durante un tiempo de exposición corto: 15 minutos generalmente, o incluso un período de tiempo inferior. Es posible que una misma sustancia pueda producir efectos de los dos tipos y, en tal caso, que se le asignen límites de exposición de las dos clases.

Las características dinámicas de los procesos de absorción/eliminación y metabolización de los tóxicos confieren suma importancia, en casos de exposiciones crónicas repetidas, a la duración de los períodos de exposición y al tiempo entre las exposiciones sucesivas

UN VALOR LÍMITE DE CONCENTRACIÓN EN  
AIRE DEBE IR ASOCIADO SIEMPRE A UN  
PERIODO DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN

ya que, en conjunto, condicionan el nivel que alcanza el tóxico en el organismo de los individuos expuestos y el consiguiente efecto. Por esta razón los límites establecidos para un patrón de exposiciones crónicas no deben ser aplicados en casos de exposiciones de diferente patrón. Por ejemplo, los límites establecidos para el patrón de exposición crónica de 8 horas/día y 40 horas/semana, que es el normal para ambientes de trabajo, no se deben aplicar, en principio, para exposiciones de mayor duración diaria o semanal.

Conviene tener siempre presente que los límites de exposición ambiental se definen exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos tal como se produce en los ambientes laborales.

En todo caso no son valores que puedan utilizarse como índices relativos de toxicidad de las sustancias químicas, ni como valores de referencia para evaluar situaciones de contaminación atmosférica, ni tampoco definen una separación nítida entre exposición sin riesgo y exposición con riesgo.

Cuando un agente se puede absorber por vía cutánea, bien por la manipulación directa del mismo, bien a través del contacto del vapor o aerosol con las partes desprotegidas de la piel, y esta aportación puede resultar significativa para la dosis absorbida por el trabajador, el agente en cuestión aparece señalizado en las listas de valores límite con la notación "vía dérmica" o similar. Esta llamada advierte de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, además, sugiere la necesidad de adoptar medidas para evitar la absorción cutánea.

Cuando se trate de productos que no presentan efectos proporcionados a la exposición sólo se podrá intentar estimar la correlación entre exposición y probabilidad del efecto. En estos casos, la fijación de una probabilidad del efecto, o del aumento de la probabilidad de manifestación del efecto en poblaciones no expuestas, considerada como máxima aceptable, permitirá determinar el valor de la exposición correspondiente, la cual constituirá el valor límite de exposición que podrá ser utilizado como criterio de valoración del riesgo. Pero el respeto de estos límites de exposición nunca permitirá asegurar la inexistencia de riesgo, sino solamente que éste no alcanza el valor de la probabilidad fijada.

LOS VALORES LÍMITE NO INDICAN UNA SEPARACIÓN NÍTIDA ENTRE SITUACIONES CON RIESGO Y SIN RIESGO

LA NOTACIÓN "VÍA DÉRMICA" JUNTO A UN VALOR LÍMITE ES UNA LLAMADA PARA INDICAR QUE ADEMÁS DE LA VÍA RESPIRATORIA, QUE ES LA ÚNICA QUE SE HA TENIDO EN CUENTA PARA ESTABLECERLO, EL AGENTE PUEDE ABSORBERSE POR VÍA DÉRMICA

*Valores límite de exposición de referencia internacional*

La lista de valores límite de exposición de carácter científico más conocida y utilizada como referencia es la de la “American Conference of Governmental Industrial Hygienists” (ACGIH), una asociación con sede en Estados Unidos que agrupa a profesionales de la Higiene del trabajo que desarrollan su labor en instituciones públicas y universidades de todo el mundo.

LOS VALORES TLV DE LA ACGIH DE ESTADOS UNIDOS SON LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DE CARÁCTER CIENTÍFICO MÁS CONOCIDOS

La ACGIH publica anualmente una relación de valores límite en el ambiente de trabajo (TLV) para agentes físicos y químicos y unos índices de exposición biológicos (BEI). La propia asociación divulga la información en que se ha basado para proponer dichos valores (“Documentation of Threshold Limit Values”), siendo su conocimiento imprescindible para asegurar una correcta aplicación de los mismos.

#### VALORES TLV

##### **TLV-TWA. Media ponderada en el tiempo**

Concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, durante su vida laboral sin efectos adversos.

##### **TLV-C. Valor techo**

Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo. En la práctica, si no es posible realizar una medida instantánea, el muestreo debe llevarse a cabo durante el mínimo periodo de tiempo suficiente para detectar exposiciones al nivel de o por encima del valor TLV-C.

##### **TLV-STEL. Límite de exposición de corta duración**

Concentración media ponderada en un tiempo de 15 minutos que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aún cuando se cumpla el TLV- TWA. Las exposiciones por encima del TLV- TWA hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos, ni repetirse más de cuatro veces al día y debe haber por lo menos un periodo de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este nivel.

##### **Clasificación de sustancias cancerígenas\***

- A1 – Carcinógenos confirmados en el humano
- A2 – Carcinógenos con sospecha de serlo en el humano
- A3 – Carcinógenos confirmados en los animales con comportamiento desconocido en los humanos
- A4 - No clasificables como carcinógenos en humanos
- A5 - No sospechoso como carcinógeno en humanos

\* Nótese que los dos últimos grupos corresponden realmente a sustancias no cancerígenas

Figura 1.

Los TLV para agentes químicos expresan concentraciones en aire de diversas sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden exponerse día tras día sin sufrir efectos adversos. Debido a los variados efectos que las sustancias químicas pueden provocar en las personas expuestas, se fijan diferentes tipos de valores, cuya definición se incluye en la figura 1, así como la clasificación de carcinogenicidad empleada. En la lista de valores TLV se distinguen con la notación "Skin" (piel) aquellas sustancias que poseen potencial de acción por vía de penetración dérmica y en cada edición de los TLV se incluye, bajo la denominación de "Propuestas de modificación", un listado de sustancias para las cuales se propone el TLV por primera vez o para las que se sugiere una modificación de su valor o de alguna de las características asignadas.

Otra lista importante de valores límite de carácter científico son los valores MAK ("Maximale Arbeitsplatz Konzentration") y BAT ("Biologischer Arbeitsstoff Toleranz Wert") que elabora en Alemania la «Deutsche Forschungs-gemeinschaft» (DFG) que también se publica anualmente e incluye unos valores promediados para 8 horas diarias y 40 horas semanales, pero utiliza unos criterios diferentes a los de la ACGIH para establecer, a partir de los valores para 8 horas, los valores límite para períodos más cortos de exposición.

La lista de valores MAK incluye, además, datos y consideraciones acerca de las sustancias que son capaces de originar reacciones de sensibilización, las sustancias mutágenas, las carcinógenas, las tóxicas para el embarazo y las que tienen posibilidad de absorción cutánea.

Las dos listas comentadas tienen, en principio, una base exclusiva en criterios de salud, sin tener en cuenta factores de viabilidad técnica o económica, no tienen carácter legal, ni siquiera en sus propios países, y su prestigio se basa en la independencia y cualificación de los expertos que participan en su preparación.

#### *Valores límite de exposición legales*

Bastantes países incluyen listas de valores límite de exposición en su normativa legal sobre prevención de riesgos laborales por agentes químicos, muchas de ellas basadas en los valores TLV de la ACGIH y algunas en los valores MAK de la DFG alemana. En la mayoría de países estas listas incluyen alrededor de 800 sustancias o grupos de sustancias.

Entre las más conocidas figuran las siguientes:

- Valores PEL ("Permissive Exposure Limits") propuestos por la OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*). Son los únicos que tienen validez reglamentaria en USA

- Valores MAK reglamentarios en Alemania. Incluidos en los reglamentos técnicos para las sustancias peligrosas (TRGS) que publica el Ministerio Federal de Trabajo y Asuntos Sociales y que no se deben confundir con los valores MAK de la DFG ya comentados
- Valores WEL (“Workplace exposure limits”), establecidos y publicados por el *Health and Safety Executive* del Reino Unido

Algunos países disponen de grupos de estudio dedicados a la revisión y propuesta de estos valores, con lo que sus listas presentan algunas diferencias con las demás, pero una mayoría de los valores que se dan para una misma sustancia en las diferentes listas son coincidentes.

Lógicamente estos valores legales son «operacionales», estando dirigidos a su aplicación en la práctica de la prevención de los riesgos laborales de acuerdo con la legislación correspondiente, con determinadas consecuencias en caso de incumplimiento. Por esta razón, estas listas de valores suelen estar consensuadas por las partes implicadas: trabajadores, empresarios y autoridades gubernamentales, y no son siempre valores con base exclusiva en criterios de salud, debido a la inclusión en su establecimiento de consideraciones socioeconómicas o de viabilidad técnica.

#### *Valores límite de exposición en la UE*

La Directiva 98/24/CE del Consejo, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, contiene las disposiciones específicas vigentes en la actualidad en relación con los productos químicos. En esta directiva se establece que la Comisión, previa consulta al Comité consultivo para la seguridad, la higiene y la protección de la salud en el trabajo, propondrá valores límite de exposición profesional, que se establecerán a escala comunitaria para la protección de los trabajadores contra los riesgos químicos.

Estos valores límite de exposición serán de dos tipos:

- «Valores límite vinculantes», adoptados por el Consejo bajo el procedimiento establecido en el Artículo 118A del Tratado; reflejan datos científicos así como factores de viabilidad y deben ser transpuestos obligatoriamente a las legislaciones nacionales como requerimientos mínimos (se pueden adoptar valores más estrictos).
- «Valores límite indicativos», adoptados por la Comisión después de obtener la opinión de un comité de representantes de los Estados miembros; un valor límite indicativo refleja las evaluaciones de expertos basadas en datos científicos;

los Estados miembros deberán establecer un valor límite de exposición profesional nacional para todo agente químico que tenga fijado un valor límite indicativo de exposición profesional a escala comunitaria, teniendo en cuenta el valor límite comunitario y determinando su naturaleza de conformidad con la legislación y la práctica nacionales.

Estos valores límite están establecidos como concentraciones promediadas para 8 horas (límites diarios) o como concentraciones promediadas para 15 minutos, salvo indicación diferente (límites de corto plazo), mientras que «exposición» significa la presencia de un agente químico en el aire dentro del área de respiración del trabajador.

Para la propuesta de los valores límite, la Comisión está asistida por un Comité Científico para los Límites de Exposición Ocupacional (SCOEL), establecido formalmente en 1995.

En cumplimiento de estas disposiciones, la propia Directiva 98/24/CE establece un valor límite vinculante para el plomo metálico y compuestos iónicos. Además se han adoptado las Directivas 2000/39/CE, por la que se establece una primera lista de 63 valores límite de exposición profesional indicativos, y 2006/15/CE, por la que se establece una segunda lista de 33 valores límite de exposición profesional indicativos.

Se han adoptado, además, directivas particulares relativas al amianto y a los agentes carcinógenos, que incluyen límites de exposición específicos para estas sustancias, transpuestas al ordenamiento jurídico español, que se comentan más adelante.

#### *Valores límite de exposición en España*

La normativa legal vigente en España sobre agentes químicos y concentraciones admisibles en el aire de los lugares de trabajo, enmarcada en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, está recogida fundamentalmente en el Real Decreto 374/2001 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, transposición de la Directiva 98/24/CE. Esta disposición incluye el valor límite comunitario relativo al plomo, y para otras substancias remite a los límites de exposición publicados por el INSHT como valores de referencia nacionales para la evaluación y control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores a agentes químicos.

Otros valores de concentraciones máximas admisibles figuran en el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto, y en el Real Decreto 665/1997, modificado por los Reales Decretos 1124/2000

y 349/2003, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, en el último de los cuales se fijan valores límite para el benceno, cloruro de vinilo y polvo de maderas duras.

El documento del INSHT sobre Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España, que se publica y actualiza anualmente, contiene una lista de valores límite ambientales para 600 productos químicos aproximadamente, una lista de valores límite biológicos para unas 40 sustancias, una lista de las sustancias clasificadas como carcinogénicas de categoría 1 y 2 y como mutagénicas de categoría 1 y 2 en el Anexo I del Real Decreto 363/1995, modificado, sobre *Notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas*, una lista de valores límite de exposición asignados a algunas sustancias de la lista anterior, así como información sobre capacidad de absorción por vía dérmica, de sensibilización y de otros efectos tóxicos.

El documento del INSHT define dos tipos de valores límite de exposición ambiental:

- *Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)*. Es el valor de referencia para la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.
- *Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC)*. Es el valor de referencia para la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite. El VLA-EC no debe ser superado por ninguna exposición de corta duración a lo largo de la jornada laboral.

Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el VLA-EC constituye un complemento del VLA-ED y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites. En cambio, a los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, sólo se les asigna para su valoración un VLA-EC.

En general, el VLA-ED de cualquier agente químico no debe ser superado por la exposición diaria a dicho agente en ninguna jornada laboral. No obstante, en casos justificados cabe una

valoración de base semanal en lugar de diaria. Para que resulte aceptable el empleo de esta base semanal de valoración, es preciso que se cumplan las dos condiciones:

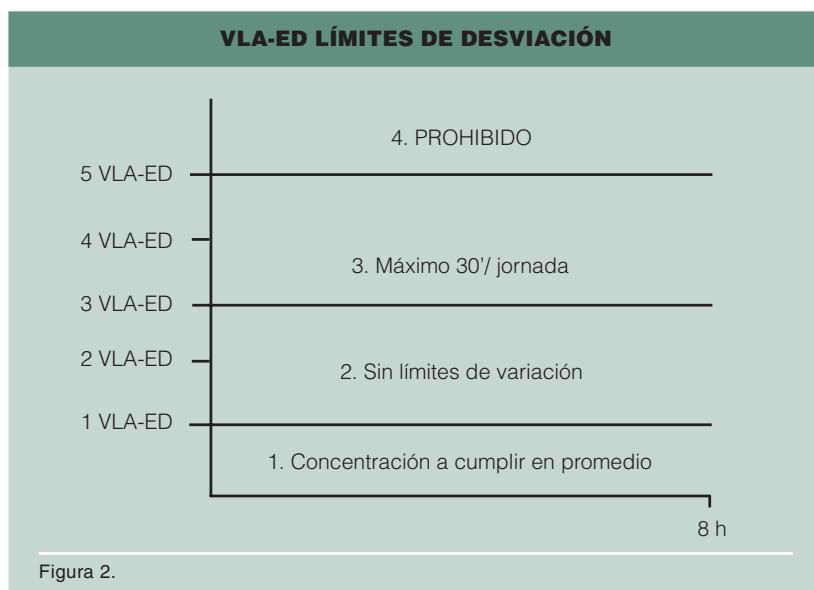
- Que se trate de un agente químico de largo período de inducción, es decir, capaz de producir efectos adversos para la salud sólo tras exposiciones repetidas a lo largo de meses o años.
- Que existan variaciones sistemáticas, esto es, derivadas de distintas situaciones de exposición, entre las exposiciones diarias de diferentes jornadas.

En tales casos, el parámetro de exposición que se compara con el VLA-ED es la Exposición Semanal (ES), que se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$ES = \sum ED_i / 5$$

Siendo  $ED_i$  las exposiciones diarias correspondientes a los sucesivos días de la semana de trabajo.

El documento del INSHT define también Límites de desviación (LD) que deben utilizarse para controlar las exposiciones por encima del VLA-ED, dentro de una misma jornada de trabajo, de aquellos agentes químicos que no tienen asignado al mismo tiempo un VLA-EC. Tienen un fundamento estadístico y establecen el producto de  $3 \times$  VLA-ED como valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo y que no debe sobrepasarse en ningún momento el valor  $5 \times$  VLA-ED (figura 2).



*Valores límite biológicos y Control biológico*

El control biológico es un medio de valoración de la exposición a las sustancias químicas que están presentes en el puesto de trabajo, a través de medidas de “Indicadores biológicos”. Al referirse a los propios trabajadores, se enmarca normalmente

en los programas de vigilancia de la salud (ver capítulo 17), aunque muy a menudo es una herramienta fundamental para la evaluación del riesgo higiénico.

EL CONTROL BIOLÓGICO CONSISTE EN  
MEDIR UN “INDICADOR BIOLÓGICO” EN UN  
MEDIO BIOLÓGICO DEL TRABAJADOR  
EXPUESTO A UN AGENTE QUÍMICO

lógico (aire exhalado, orina, sangre) del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico. Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

Los Valores Límite Biológicos (VLB) son valores de referencia para los Indicadores Biológicos asociados a la exposición global a los agentes químicos aplicables para exposiciones profesionales de 8 horas diarias durante 5 días a la semana; su extensión a períodos distintos al de referencia ha de hacerse considerando los datos farmacocinéticos y farmacodinámicos del agente en particular.

LOS VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS SON  
VALORES DE REFERENCIA PARA LOS  
INDICADORES BIOLÓGICOS DE  
EXPOSICIÓN A UN AGENTE QUÍMICO

En general, los VLB representan los niveles más probables de los Indicadores Biológicos en trabajadores sanos sometidos a una exposición global a agentes químicos, equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del VLA-ED y no están concebidos para usarse como medida de los efectos adversos ni para el diagnóstico de las enfermedades profesionales. Las bases científicas de los VLB pueden derivarse de dos tipos de estudios: a) los que relacionan la intensidad de la exposición con el nivel de un parámetro biológico; y b) los que relacionan el nivel de un parámetro biológico con efectos sobre la salud.

El control biológico debe considerarse complementario del control ambiental y, por tanto, ha de llevarse a cabo cuando ofrezca ventajas sobre el uso independiente de este último. Cuando la medida, en un trabajador, de un determinado indicador biológico supere el VLB correspondiente no debe deducirse, sin mayor análisis, que ese trabajador esté sometido a una exposición excesiva, ya

EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA  
EXPOSICIÓN RECOGE TODAS LAS RUTAS  
DE PENETRACIÓN DE LOS TÓXICOS

que las diferencias individuales, biológicas o de conducta, tanto fuera como dentro del ámbito laboral, constituyen fuentes de inconsistencia entre los resultados del control ambiental y los del control biológico. Es recomendable en este caso poner en marcha una investigación con el objetivo de encontrar una explicación plausible para esa circunstancia y actuar en consecuencia o, en su defecto, descartar la existencia de factores causales vinculados al desempeño del puesto de trabajo. Al margen de esta consideración individual de los resultados, el agrupamiento de los datos correspondientes a los trabajadores de un grupo de exposición homogénea permitirá obtener información sobre el grado de eficacia de las medidas de protección y prevención adoptadas.

Cuando haya una discrepancia entre el control ambiental y el biológico debe revisarse cuidadosamente la situación global de la exposición y encontrar una explicación. La principal fuente de inconsistencia entre las informaciones suministradas por el control ambiental y el biológico es la variabilidad de los factores que se indican en la figura 3, cuya importancia debe valorarse individualmente en cada situación. Los fármacos o la coex-

<b>CAUSAS DE INCONSISTENCIA ENTRE RESULTADOS DE CONTROL AMBIENTAL Y BIOLÓGICO</b>	
<b>ORIGEN DE LA CAUSA</b>	<b>CAUSA</b>
Estado fisiológico y de salud del trabajador	Constitución de su organismo Dieta (consumo de agua y grasas) Actividad enzimática Composición de los fluidos corporales Edad, sexo, embarazo, medicación, situación de enfermedad.
Exposición laboral	Intensidad de la carga física del trabajo Fluctuación de la intensidad de la exposición Absorción por la piel Temperatura y humedad Coexposición a otros productos químicos.
Exposición extralaboral	Contaminantes presentes en el hogar Contaminantes durante el ocio (hobbies) Contaminación de alimentos.
Estilo particular de vida	Actividades después del trabajo Higiene personal Hábitos en la comida Tabaco, consumo de alcohol, drogas.
Metodología	Contaminación del espécimen Deterioro durante la toma de muestra, el almacenamiento y análisis Sesgo en los métodos analíticos.

Figura 3.

posición a otros productos químicos pueden alterar la relación entre la intensidad de la exposición laboral y el nivel del indicador biológico en el medio biológico.

### Evaluación de la exposición

En la práctica, la evaluación de riesgos se suele iniciar con esta etapa, por estar ya documentados los efectos de los agentes químicos implicados y tener éstos asignados límites de exposición profesional.

Puesto que la exposición laboral a los agentes químicos se produce principalmente por inhalación debido a la presencia de dichos agentes en el aire, para evaluar la exposición se considerará la concentración de agente químico en el aire inhalado por los trabajadores y el tiempo durante el cual están expuestos los trabajadores a lo largo de la jornada.

El nivel de exposición así determinado sólo proporciona un juicio sobre la probabilidad de que ese agente químico llegue a producir su efecto característico, pero no informa sobre la gravedad de ese efecto. Esta información es necesaria para evaluar el riesgo, que corresponde a la etapa 4, detallada más adelante (figura 4).

Así, una vez completada la evaluación de todas las exposiciones de interés, aún se habrán de considerar las peligrosidades intrínsecas de los diversos agentes químicos, antes de establecer las prioridades de las respectivas medidas preventivas.

Como el objetivo es conocer la exposición individual de determinados trabajadores, las mediciones o muestreos ambientales deberán ser de *tipo personal*.

El dispositivo de medición o de captación de muestras (filtro, tubo adsorbente, detector) que se utilice deberá disponerse cerca de las vías respiratorias del operario correspondiente; de este modo la medida o la muestra será representativa del aire inhalado. Si fuera conveniente efectuar un muestreo estático o ambiental, dicho dispositivo deberá situarse igualmente a la altura de las vías respiratorias de los operarios y lo más cerca posible del área de trabajo, evitando colocarlos cerca del punto de emisión del agente químico si no se trata de un puesto de trabajo. Debe tenerse en cuenta que la medición ambiental representa la concentración del agente en el aire inhalado; no es una medida de

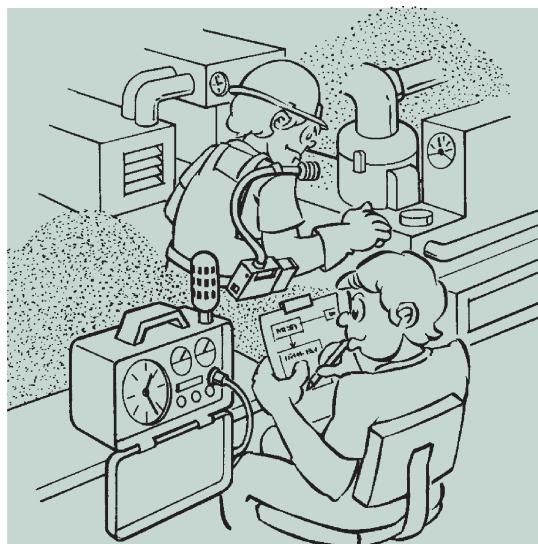


Figura 4. Evaluación de la exposición

LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A UN AGENTE QUÍMICO CONSIDERA EL VALOR DE SU CONCENTRACIÓN EN AIRE Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

la dosis corporal recibida. Esta dosis, o exposición real interna, es función de la concentración ambiental medida, pero también del tiempo de exposición, junto con la participación de otros factores tales como la carga de trabajo o la velocidad de absorción del contaminante.

El equipo para efectuar las mediciones personales debe ser cómodo de llevar y capaz de captar muestras representativas durante un periodo de tiempo prolongado. La mayoría de las técnicas de medida de los contaminantes ambientales precisan tomar muestras que son, posteriormente, analizadas en el laboratorio, aunque ya existen para algunos contaminantes medidores de lectura directa capaces de dar el resultado prácticamente en tiempo real.

Es necesario asegurarse de que las técnicas de medida adoptadas permitan la evaluación de la exposición en caso de efectos agudos o en el de efectos crónicos, según convenga. La evaluación de los efectos agudos precisa medidores continuos, sólo disponibles para unas pocas sustancias químicas, capaces de dar una rápida indicación cuando se excedan unos niveles previamente establecidos, o bien técnicas de medición con muestreo de corta duración. Para la evaluación de los efectos crónicos, en cambio, son convenientes las mediciones promediadas a lo largo de períodos de tiempo prolongados. Además, cuando la evaluación del riesgo dependa de la presencia en el ambiente de materia particulada, habrá que tener en cuenta la fracción, con un tamaño de partícula determinado, que deberá ser muestreada.

La *contaminación de la piel por productos químicos* no volátiles puede estimarse mediante el análisis de pequeños parches colocados sobre el cuerpo o de vestidos completos después de haberlos llevado durante las operaciones de trabajo. En la práctica, la evaluación de la posible absorción de contaminantes por vía dérmica se basa en la observación de las prácticas de trabajo, incluyendo una valoración del uso de vestimenta de protección, de la higiene personal, o bien mediante un control biológico de la exposición. Un factor que complica la valoración de la contribución de la absorción por vía dérmica a la exposición del individuo es que la vestimenta de protección no proporcione una protección completa. En consecuencia debe tenerse en cuenta este hecho en el momento de valorar el potencial de absorción por vía dérmica. Por otro lado, los hábitos de comida y bebida deben tenerse en cuenta para evaluar la posible exposición por vía digestiva.

#### *Estrategia de medición o muestreo*

Las exposiciones a determinar, en relación con efectos crónicos o efectos agudos, deberán ser exposiciones diarias ED o

exposiciones de corta duración EC, respectivamente, definidas en los mismos términos que los límites de exposición con los que deben ser comparadas.

Las mediciones para evaluar estas exposiciones deben ser efectuadas por personal especializado y de acuerdo con un protocolo bien establecido, al objeto de asegurar la consecución del objetivo de la evaluación. Este protocolo constituye la denominada “estrategia de muestreo” que debe ser definida antes de emprender el programa de muestreo. Constituye una referencia para esta labor la Norma UNE-EN 689. *Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.*

Para preparar la estrategia de muestreo es necesario tener en cuenta los aspectos que se comentan a continuación:

a) Método de muestreo más adecuado:

Los métodos analíticos normalizados incluyen instrucciones detalladas sobre el método de muestreo, la conservación de las muestras y su análisis en el laboratorio. La parte correspondiente al muestreo debe especificar las siguientes características:

- Sustancia a la que se aplica
- Dispositivo de captación
- Cantidad mínima de muestra que debe captarse
- Volumen de aire a muestrear
- Caudal del muestreador

b) Selección de los puestos de trabajo y de las personas a muestrear:

Los puestos de trabajo y las personas a muestrear estarán determinadas por el análisis previamente efectuado de las condiciones de utilización de los productos químicos y de los procedimientos de trabajo. Este análisis habrá puesto de manifiesto, además, la posible existencia de grupos de trabajadores de exposición homogénea (GEH), lo cual puede permitir la reducción del número de personas a muestrear.

c) Número, momento y duración de las tomas de muestras:

El número de las muestras que deben tomarse a lo largo de una jornada completa de trabajo, para obtener un valor medio de la exposición durante la jornada o exposición diaria (ED), depende de varias consideraciones. En principio es mejor que el muestreo abarque toda la jornada de trabajo, ya sea mediante un único muestreo de 8 horas de duración o, aún mejor, mediante varios muestreos sucesivos con igual duración total. No obstante, motivos prácticos evidentes in-

ducen a efectuar muestreos que no alcanzan la totalidad de la jornada laboral, los cuales sólo son válidos en determinadas condiciones.

La duración de cada toma de muestra, en principio, viene fijada por el propio método analítico, al igual que el volumen de aire a muestrear y, en consecuencia, el tiempo de muestreo. Por otra parte, éste también puede depender, como el momento de efectuarlo, de la duración de las actividades laborales o de los ciclos de trabajo. Este hecho obliga, en ocasiones, a muestrear volúmenes de aire reducidos, lo cual requiere posteriormente la modificación del método analítico de cara a aumentar su sensibilidad.

#### *Calibración de los aparatos de medida*

Independientemente de la técnica utilizada para determinar la exposición a los productos químicos, es necesario que cada elemento del procedimiento de muestreo y análisis esté debidamente calibrado.

Las bombas utilizadas para obtener las muestras promediadas en el tiempo deben ser calibradas antes y después de tomar las muestras. Si se pretende obtener una muestra representativa, es necesario asegurarse de que la bomba mantenga un caudal conocido y constante durante todo el tiempo de muestreo. La estabilidad del caudal es muy importante cuando se utilizan sistemas de muestreo de partículas de tamaño seleccionado, ya que la eficiencia de estos sistemas depende en gran medida del caudal. Tampoco se debe descuidar la calibración de las bombas de los instrumentos de lectura directa o de respuesta continua, que deben ser objeto de procedimientos rutinarios de calibración. En cualquier caso la calibración de los sistemas de muestreo debe llevarse a cabo con el dispositivo de captación incluido en el tren de muestreo.

Los instrumentos de lectura directa y los sistemas de respuesta continua deben ser calibrados de forma regular utilizando el producto químico de interés. Debe comprobarse la totalidad del sistema, no sólo los detectores. Si se utiliza una técnica de calibración secundaria, tal como una mezcla de gases contenida en un cilindro, debe comprobarse igualmente la integridad de dicha mezcla patrón para asegurarse de que no se ha alterado por absorción de algún componente en las paredes del cilindro o por otra causa.

#### *Métodos de muestreo y análisis*

Conviene utilizar métodos de muestreo y análisis cuya idoneidad para el objetivo que se pretende haya sido debidamente comprobada. Los métodos que ofrecen máximas garantías son

los que han superado una serie de pruebas de validación o normalización efectuadas por alguna institución nacional o internacional competente. Existen varias colecciones de métodos que reúnen estas características. A nivel nacional existe una serie de métodos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y un conjunto de métodos que son normas UNE para la determinación de contaminantes químicos en la atmósfera de trabajo. Entre los extranjeros cabe destacar la colección de métodos del *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), la de la *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), ambos de Estados Unidos y del *Health and Safety Executive* (HSE), del Reino Unido.

Los laboratorios que se ocupen de la realización de los análisis deben ofrecer, además, pruebas que garanticen la calidad de sus resultados mediante alguno de los procedimientos establecidos para el aseguramiento de la calidad de laboratorios de análisis químico. Entre estas garantías figura, con valor concluyente, la participación con resultados correctos en programas interlaboratorios de control de calidad analítica. Existen varios programas internacionales de este tipo para muestras ambientales y biológicas relativas al control de la exposición laboral a agentes químicos. En esta línea, el INSHT mantiene el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad (PICC) para muestras de diversos analitos en ambiente y en matriz biológica.

---

**Evaluación del riesgo**

El conocimiento del nivel y pauta de la exposición ocasionada por los agentes químicos, junto con el de la relación exposición (dosis) - respuesta característica de los mismos, permite estimar la magnitud y la probabilidad de los daños que pueden producirse sobre la salud de los individuos afectados, o sea: evaluar el riesgo.

La evaluación del riesgo por inhalación se lleva a cabo por comparación de la concentración en aire ponderada en el tiempo (exposición) con el valor límite ambiental del agente en cuestión. Esta comparación se realiza mediante el cálculo del parámetro denominado índice de exposición. Valores superiores a 1 indican que la exposición valorada en el puesto de trabajo supera el valor límite de exposición.

La utilización de este tipo de criterio significa que la valoración del riesgo se efectúa respecto a un daño considerado inaceptable y depende, en último extremo, del resultado que proporcione la *estimación de la probabilidad* de que la exposición supere el valor límite establecido. El método utilizado para efectuar la estimación de esta probabilidad resulta por ello importante en el proceso de valoración de los riesgos por exposición a

agentes químicos, y conviene adoptar métodos unificados al objeto de evitar posibles discrepancias en el resultado final de la valoración.

Están descritos varios procedimientos preparados con esta finalidad, que tienen generalmente carácter legal en el país de origen. En España existe la norma UNE-EN 689 mencionada anteriormente.

La valoración con este criterio permite decidir la adopción de medidas preventivas, pero la priorización de éstas tendrá en cuenta la importancia y gravedad de los daños que se pretende evitar.

Puede encontrarse una descripción más detallada del procedimiento de evaluación cuantitativa del riesgo por inhalación en los lugares de trabajo en el apéndice 4 de la *Guía Técnica del INSHT para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con Agentes Químicos (Real Decreto 374/2001)*.

Igualmente, una exposición más completa de los procedimientos para la evaluación de estos riesgos está contenida en la *Guía Práctica de la Comisión Europea para la Directiva sobre agentes químicos: Directrices prácticas de carácter no obligatorio sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos en el trabajo*.

LA VALORACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD SE BASA EN LA ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE QUE LA EXPOSICIÓN SUPERE EL VALOR LÍMITE ESTABLECIDO PARA EL AGENTE RESPONSABLE

## EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DEL RIESGO PARA LA SALUD

Los modelos simplificados de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos se utilizan para realizar una estimación inicial que permita discriminar una situación aceptable (riesgo leve, mencionado en el artículo 3.3 del Real Decreto 374/2001) de una situación no aceptable (todas las demás) desde el punto de vista higiénico. Asimismo, también pueden poner en evidencia situaciones claras de riesgo, para las cuales deben tomarse medidas preventivas sin necesidad de pasar a evaluar el riesgo de forma más exhaustiva. Después de adoptar dichas medidas preventivas se reinicia el proceso de evaluación que en algunos casos puede requerir la obtención de más datos para llegar a un juicio sobre la situación, (evaluación exhaustiva o compleja).

Estos modelos constituyen un apoyo para el higienista puesto que permiten combinar las variables determinantes de la exposición (peligrosidad, forma física, tiempo de exposición, medidas preventivas existentes, entre otras) de forma sistemática y,

por lo tanto, facilitan la toma de decisiones respecto a la aceptabilidad o no de la exposición. Según el modelo se incluyen unas u otras, asignándoles índices semicuantitativos que permiten obtener una categorización del riesgo en niveles y, en ocasiones, el tipo de medidas preventivas a aplicar.

Los modelos simplificados del riesgo no deben entenderse como una alternativa directa a la evaluación detallada, sino que constituyen una entrada en el proceso de la evaluación de riesgos, que puede proseguir con la evaluación detallada, según permitan alcanzar o no conclusiones concluyentes.

Uno de estos modelos es el que ha elaborado el "Health & Safety Executive" del Reino Unido, denominado COSHH Essentials, mediante el cual se establecen diferentes niveles de riesgo a los que corresponden distintos niveles de control, para los cuáles se ofrecen numerosas soluciones a implantar en forma de "fichas de control", según la operación específica que se está evaluando. Se trata de niveles de riesgo "potencial", puesto que no se consideran las medidas de control existentes como variable de entrada del método.

La parte relativa a la categorización del riesgo en cuatro grupos se basa en la consideración de tres variables del proceso:

- a) La peligrosidad intrínseca de la sustancia
- b) Su tendencia a pasar al ambiente
- c) La cantidad de sustancia que se emplea en cada operación

<b>GRUPOS DE PELIGROSIDAD CRECIENTE DE LOS AGENTES QUÍMICOS POR INHALACIÓN</b>	
A	R36, R36/38, R38, R65, R67 Cualquier sustancia sin frases R contenidas en los grupos B a E.
B	R20, R20/21, R20/21/22, R20/22, R21, R21/22, R22.
C	R23, R23/24, R23/24/25, R23/25, R24, R24/25, R25, R34, R35, R36/37, R36/37/38, R37, R37/38, R41, R43, R48/20, R48/20/21, R48/20/21/22, R48/20/22, R48/21, R48/21/22, R48/22.
D	R26, R26/27, R26/27/28, R26/28, R27, R27/28, R28, Carc. Cat 3 R40, R48/23, R48/23/24, R48/23/24/25, R48/23/25, R48/24, R48/24/25, R48/25, R60, R61, R62, R63, R64.
E	Mut. Cat. 3 R40, R42, R42/43, R45, R46, R49, Mut. Cat. 3 R68

*El nivel de peligrosidad aumenta de A hasta E*

Figura 5.

La *peligrosidad intrínseca de las sustancias* se clasifica en cinco categorías (A, B, C, D y E) de peligrosidad creciente (figura 5), en función de las frases R que deben figurar en la etiqueta del producto y en su correspondiente ficha de datos de seguridad. Las frases R se tratan en el capítulo 8.

Si una sustancia posee varias frases R que conducen a distinto nivel de peligrosidad, se tomará el mayor de ellos.

Además, algunas sustancias pueden presentar riesgos por contacto con la piel o las mucosas externas (figura 6). Este modelo se ocupa únicamente del riesgo por inhalación, pero las frases R indicadas en la citada figura permiten identificar el riesgo por contacto dérmico sin proseguir con su evaluación.

La tendencia a pasar al ambiente se clasifica en alta, media y baja y se mide, en el caso de líquidos, por su volatilidad y la temperatura de trabajo, que definen la capacidad de evaporación del agente (figura 7), y en el de los sólidos, por su tendencia a formar polvo, función de su granulometría y densidad (figura 8).

Por último, la cantidad de sustancia empleada se clasifica en pequeña, mediana o grande, según el orden de magnitud (figura 9).

El método asigna los niveles de riesgo, mediante un cuadro de correspondencia para cada categoría de peligrosidad intrínseca, en función de la tendencia a pasar

AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS EN CONTACTO CON LA PIEL O LOS OJOS*			
R21	R27	R38	R48/24
R20/21	R27/28	R37/38	R48/23/24
R20/21/22	R26/27/28	R41, R43	R48/23/24/25
R21/22	R26/27	R42/43	R48/24/25
R24	R34, R35	R48/21	R66
R23/24	R36, R36/37	R48/20/21	
R23/24/25	R36/38	R48/20/21/22	
R24/25	R36/37/38	R48/21/22	

\*Aunque no se establecen aquí niveles de peligrosidad explícitamente, puesto que no se prosigue con la evaluación, las cuatro columnas corresponden a peligrosidad creciente.

Figura 6.

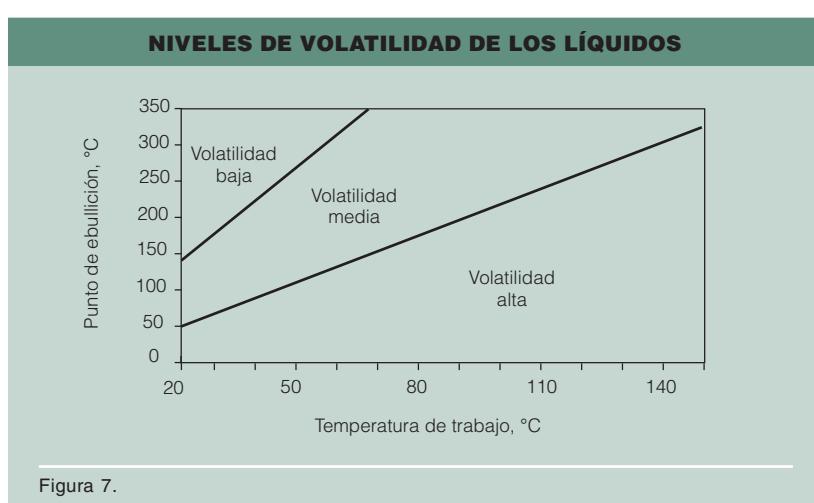


Figura 7.

TENDENCIA DE LOS SÓLIDOS A FORMAR POLVO*		
Baja	Media	Alta
Sustancias en forma de grana (pellets) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia polvo durante su manipulación. Ejemplos: grana de PVC, escamas, pepitas, etc.	Sólidos granulares o cristalinos. Se produce polvo durante su manipulación, que se deposita rápidamente, pudiéndose observar sobre las superficies adyacentes. Ejemplo: polvo de detergente	Polvos finos y de baja densidad. Al usarlos se observan nubes de polvo que permanecen en suspensión varios minutos. Ejemplos: cemento, negro de humo, yeso, etc.

\*En caso de duda, elíjase la categoría superior.

Figura 8.

<b>CANTIDAD DE SUSTANCIA UTILIZADA (EN ORDEN DE MAGNITUD)</b>	
<b>Cantidad de sustancia</b>	<b>Cantidad empleada por operación</b>
Pequeña	Gramos o mililitros
Mediana	Kilogramos o litros
Grande	Toneladas o metros cúbicos

Figura 9.

higiene industrial.

En la NTP 750 puede consultarse un ejemplo de aplicación de este modelo.

al ambiente y la cantidad de sustancia utilizada (figura 10).

Se considera que las situaciones de riesgo 1, corresponden al anteriormente mencionado riesgo leve, para las cuales la ventilación general es suficiente. En general, el nivel de riesgo 2 requiere de extracción localizada, y el nivel 3 medidas que comporten el encerramiento del proceso. Ante situaciones de nivel de riesgo 4 es necesario realizar siempre una evaluación exhaustiva del riesgo y acudir a especialistas en

<b>DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO</b>					
<b>GRADO DE PELIGROSIDAD</b>	<b>Cantidad usada</b>	<b>VOLATILIDAD / PULVERULENCIA</b>			
		<b>Volatilidad o Pulverulencia Baja</b>	<b>Volatilidad Media</b>	<b>Pulverulencia Media</b>	<b>Volatilidad o Pulverulencia Alta</b>
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande	1	1	2	2
B	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	2	2	2
	Grande	1	2	3	3
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	3	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E	En todas las situaciones con sustancias de este grado de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo es 4.				

Figura 10.

Tambien en el Anexo 2 de la anteriormente citada *Guía Práctica de la Comisión Europea para la Directiva sobre agentes químicos* se encuentra una exposición detallada de esta metodología simplificada para la evaluación del riesgo para la salud.

## TRABAJO CON SUSTANCIAS CANCERÍGENAS O MUTÁGENAS

Dadas las características propias de las sustancias cancerígenas, que pueden producir una acción adversa para la salud de carácter irreversible y de gran severidad como es el cáncer, aun cuando los efectos no suelan manifestarse de forma inmediata, su presencia en los puestos de trabajo, en condiciones que puedan originar una exposición de los trabajadores, supone un riesgo muy importante para la salud y la seguridad. Por este motivo, se considera de interés tratar específicamente la exposición laboral a estas sustancias, incluyendo un resumen de la normativa aplicable.

Como ya se ha comentado, para controlar estos riesgos se ha promulgado una legislación específica (Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, modificado por el Real Decreto 1124/2000 y el Real Decreto 349/2003, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo) que debe ser aplicada siempre que esté o pueda estar presente en el medio laboral un agente cancerígeno o mutágeno. Esta circunstancia puede producirse cuando el agente cancerígeno o mutágeno se fabrique, participe como materia prima o como producto intermedio, se forme como residuo, impureza o por reacción indeseada, o bien el proceso laboral incluya un procedimiento particular calificado en conjunto como cancerígeno.

El citado Real Decreto establece unas *DISPOSICIONES GENERALES*, que incluyen la definición de los agentes cancerígenos o mutágenos objeto del mismo, y una serie de *OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO*. Se presentan a continuación los puntos principales de su contenido.

EXISTE UNA LEGISLACIÓN ESPECÍFICA  
PARA EL TRABAJO CON SUSTANCIAS O  
PROCESOS CLASIFICADOS COMO  
CANCERÍGENOS O MUTÁGENOS

Se entenderá por agente cancerígeno o mutágeno:

- a) Una sustancia que cumpla los criterios para su clasificación como cancerígeno de 1<sup>a</sup> o 2<sup>a</sup> categoría, o mutágeno de 1<sup>a</sup> o 2<sup>a</sup> categoría, establecidos en la normativa vigente relativa a notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

**Definición de los  
agentes  
cancerígenos o  
mutágenos**

- b) Un preparado que contenga alguna de las sustancias mencionadas en el apartado anterior, que cumpla los criterios para su clasificación como cancerígeno o mutágeno, de 1<sup>a</sup> o 2<sup>a</sup> categoría, establecidos en la normativa vigente sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- c) Una sustancia, preparado o procedimiento de los mencionados en el anexo 1 del Real Decreto, así como una sustancia o preparado que se produzca durante uno de los procedimientos mencionados en dicho anexo:
1. Fabricación de auramina.
  2. trabajos que supongan exposición a los hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en el hollín, el alquitrán o la brea de hulla.
  3. Trabajos que supongan exposiciones al polvo, al humo o a las nieblas producidas durante la calcinación y el afinado eléctrico de las matas de níquel.
  4. Procedimiento con ácido fuerte en la fabricación de alcohol isopropílico.
  5. Trabajos que supongan exposición a polvo de maderas duras".

---

**Evaluación de los riesgos**

La primera obligación del empresario consiste en investigar la presencia de agentes (o procedimientos) cancerígenos en el medio laboral. Si esta investigación tiene resultado negativo (no se identifica la presencia de agentes cancerígenos), debe descartarse la aplicación de esta reglamentación. Si se identifica su presencia, se debe considerar la posibilidad de su sustitución por otros menos peligrosos y, en cualquier caso, no cancerígenos. Si esta sustitución es posible y se lleva a término, se habrá eliminado el riesgo por exposición a agentes cancerígenos. Si, por el contrario, identificada la presencia de agentes cancerígenos, éstos no pudieran ser sustituidos en su totalidad, se deberá proceder a evaluar los riesgos originados por aquellos cuya presencia no haya podido evitarse, determinando la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores.

Independientemente de la obligatoria evaluación inicial de riesgos, esta evaluación puede estar motivada por alguna o algunas de las causas indicadas en la figura 11.

Un punto importante en la evaluación de los riesgos por exposición a agentes cancerígenos es el criterio que hay que utilizar para valorar de forma objetiva el riesgo existente. Dado que en este caso la relación exposición-efecto sólo muestra proporcionalidad entre la exposición y la probabilidad de que se

produzcan los efectos, no es posible, en general, el establecimiento de límites de exposición que garanticen la ausencia de efectos. No obstante, en varias listas de valores límite, algunas reconocidas internacionalmente, y también en el documento del INSHT sobre *Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España*, se asignan límites de exposición a determinados agentes cancerígenos o mutágenos, pero en estos casos resulta evidente, de acuerdo con las consideraciones anteriormente expuestas, que mantener la exposición por debajo de dichos límites no permitirá evitar completamente el riesgo, aunque sí podrá limitarlo. Por esta razón, los límites de exposición adoptados para algunas de estas sustancias no son una referencia para garantizar la protección de la salud, sino unas referencias máximas para la adopción de las medidas de protección necesarias y el control del ambiente de los puestos de trabajo.

#### MOTIVOS PARA EFECTUAR UNA EVALUACIÓN DE RIESGOS

- Introducción de productos o procedimientos cancerígenos en la actividad laboral.
- Cambios en las condiciones de trabajo que puedan significar una exposición de los trabajadores a agentes cancerígenos.
- Repetición periódica de una evaluación anterior.
- Revisión de una evaluación anterior porque se hayan detectado alteraciones de la salud de los trabajadores que puedan deberse a la exposición a agentes cancerígenos.
- El resultado de los controles periódicos, incluidos los relativos a la vigilancia de la salud, haya puesto de manifiesto la posible inadecuación o insuficiencia de las medidas de prevención.
- La incorporación de un trabajador cuyas características personales o estado biológico conocido lo hagan especialmente sensible a las condiciones del puesto.

Figura 11.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la evaluación de riesgos que deberá reflejar, para cada puesto de trabajo cuya evaluación ponga de manifiesto la necesidad de tomar alguna medida de prevención, los siguientes datos: la identificación del puesto de trabajo, el riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados, el resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes y la referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición, análisis o ensayo utilizados.

Por otro lado, el empresario está obligado a disponer de una lista actualizada de los trabajadores encargados de realizar las actividades con riesgo para la seguridad o la salud de los trabajadores con indicación de la exposición. Tanto la lista como los historiales médicos deberán conservarse durante cuarenta años después de terminada la exposición, remitiéndose a la autoridad laboral en caso de que la empresa cese en su actividad antes de dicho plazo. Los historiales médicos serán remitidos por la autoridad laboral a la sanitaria, quien los conservará, garantizándose en todo caso la confidencialidad de la información en ellos contenida. En ningún caso la autoridad laboral conservará copia de los citados historiales.

#### Registro y documentación de las evaluaciones

**Medidas específicas de prevención y reducción de la exposición**

El empresario garantizará que la producción y utilización del agente cancerígeno se lleven a cabo en un sistema cerrado y, cuando ello no sea técnicamente posible, el empresario garantizará que el nivel de exposición de los trabajadores se reduzca a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible.

La exposición no superará el valor límite de los agentes cancerígenos que lo tengan establecido. En todo caso, la no superación del valor límite no eximirá del cumplimiento de lo dispuesto en el apartado anterior.

Siempre que se utilice un agente cancerígeno, el empresario aplicará todas las medidas necesarias siguientes:

- a) Limitar las cantidades del agente cancerígeno en el lugar de trabajo.
- b) Diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos.
- c) Limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- d) Evacuar los agentes cancerígenos en origen, mediante extracción localizada o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
- e) Utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes.
- f) Aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.
- g) Adoptar medidas de protección colectiva o, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios, medidas individuales de protección.
- h) Adoptar medidas higiénicas, en particular la limpieza regular de suelos, paredes y demás superficies.
- i) Delimitar las zonas de riesgo, estableciendo una señalización de seguridad y salud adecuada, que incluya la prohibición de fumar en dichas zonas, y permitir el acceso a las mismas sólo al personal que deba operar en ellas, excluyendo a los trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.
- j) Velar para que todos los recipientes, envases e instalaciones que contengan agentes cancerígenos estén etiquetados de manera clara y legible y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia.
- k) Instalar dispositivos de alerta para los casos de emergencia que puedan ocasionar exposiciones anormalmente altas.

l) Disponer de medios que permitan el almacenamiento, manipulación y transporte seguros de los agentes cancerígenos, así como para la recogida, almacenamiento y eliminación de residuos, en particular mediante la utilización de recipientes herméticos etiquetados de manera clara, inequívoca y legible, y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia.

A nivel general, el empresario, en toda actividad en que existe un riesgo de contaminación por agentes cancerígenos, deberá adoptar las medidas para:

- a) Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo.
- b) Proveer a los trabajadores de ropa de protección apropiada o de otro tipo de ropa especial adecuada.
- c) Disponer de lugares separados para guardar de manera separada las ropas de trabajo o de protección y las ropas de vestir.
- d) Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.
- e) Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de trabajadores.

Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo. Por otro lado, el empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas idóneas al efecto, estará obligado a garantizar que la ropa se envía en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.

Como ya se ha indicado, se suministrarán los equipos o prendas especiales que sean necesarias como medida individual de protección. Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse las ropas de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes cancerígenos. Tras limpiar y comprobar el buen funcionamiento de estos últimos, los guardará junto con las ropas de trabajo en un lugar

**Medidas de carácter general para la prevención y reducción de la exposición**

**Medidas de protección individual**

distinto del que guarda su ropa de calle. Esto significa que es recomendable disponer de dos armarios independientes para guardar, en uno, el vestuario de trabajo y los equipos de protección individual y, en el otro, el de calle.

---

**Exposiciones accidentales y exposiciones no regulares**

La posibilidad de accidentes, incidentes y emergencias que pudieran suponer una exposición anormal de los trabajadores debe ser objeto de planes de emergencia que puedan aplicarse cuando se produzca uno de tales hechos, de forma que puedan adoptarse las medidas adecuadas. La gravedad de los riesgos que pueden derivarse de estos accidentes justifica, por otra parte, la adopción de medidas especiales para limitar la probabilidad de los mismos. Entre estas medidas puede considerarse la utilización de materiales de alta calidad en las instalaciones y recipientes que contengan los agentes cancerígenos, el empleo de dispositivos de seguridad para el control de procesos y un mantenimiento efectivo. En caso de accidente o de situaciones imprevistas que pudieran suponer una exposición anormal de los trabajadores, el empresario informará de ello lo antes posible a los mismos y adoptará, en cuanto no se hayan eliminado las causas que produjeron la exposición anormal, las medidas necesarias para:

- a) Limitar la autorización para trabajar en la zona afectada a los trabajadores que sean indispensables para efectuar las reparaciones u otros trabajos necesarios.
- b) Garantizar que la exposición no sea permanente y que su duración para cada trabajador se limite a lo estrictamente necesario.
- c) Poner a disposición de los trabajadores afectados ropa y equipos de protección adecuados.
- d) Impedir el trabajo en la zona afectada de los trabajadores no protegidos adecuadamente.

A fin de garantizar la adopción de las medidas de prevención previstas, la ejecución de estos trabajos estará sometida, en casos determinados, a una autorización previa por escrito.

---

**Vigilancia de la salud de los trabajadores**

El empresario garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes cancerígenos, que deberá ofrecerse a los trabajadores en las siguientes ocasiones:

- a) Antes del inicio de la exposición.
- b) A intervalos regulares en lo sucesivo, con la periodicidad que los acontecimientos médicos aconsejen, considerando el

agente cancerígeno, el tipo de exposición y la existencia de pruebas eficaces de detección precoz.

c) Cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador de la empresa, con exposición similar, algún trastorno que pueda deberse a la exposición a agentes cancerígenos.

Por otro lado, los trabajadores podrán solicitar la revisión de los resultados de la vigilancia de su salud, deberá llevarse un historial médico individual de los trabajadores afectados y se aconsejará e informará a los trabajadores en lo relativo a cualquier control médico que sea pertinente efectuar con posterioridad al cese de la exposición.

El empresario deberá suministrar a las autoridades laborales y sanitarias, cuando éstas lo soliciten, la información adecuada sobre:

**Información**

- a) Las evaluaciones, incluyendo la naturaleza, grado y duración de las exposiciones, así como los criterios y procedimientos de evaluación y los métodos de medición, análisis o ensayo utilizados.
- b) Las actividades o los procedimientos industriales aplicados, incluidas las razones por las cuales se utilizan agentes cancerígenos.
- c) Las cantidades utilizadas o fabricadas de sustancias o preparados que contengan agentes cancerígenos.
- d) El número de trabajadores expuestos y, en particular, la lista actualizada prevista en el artículo anterior.
- e) Las medidas de prevención adoptadas y los tipos de equipos de protección utilizados.
- f) Los criterios y resultados del proceso de sustitución de agentes cancerígenos a que se refiere el artículo 4 del presente Real Decreto.

Todo caso de cáncer que se reconozca resultante de la exposición a un agente cancerígeno durante el trabajo deberá comunicarse a la autoridad laboral. De manera general, las autoridades laborales remitirán a las autoridades sanitarias copia de cuanta documentación e información reciban de las empresas.



# Evaluación del riesgo de acción adversa sobre el medio ambiente

# 11

## INTRODUCCIÓN

Del mismo modo que la evaluación de riesgos es una actividad básica para prevenir los riesgos laborales, los riesgos relacionados con el medio ambiente también se deben evaluar para proceder a su eliminación o reducción. En el capítulo 5 se han descrito los principales efectos adversos de los productos químicos sobre el medio ambiente, mientras que en el capítulo 7 se han revisado los aspectos de la actividad industrial que hay que gestionar desde el punto de vista medioambiental y que son: el consumo de recursos, las aguas residuales, las emisiones a la atmósfera, los vertidos al suelo y al subsuelo, los residuos industriales y los productos fabricados (figura 1). En el presente apartado se exponen los procedimientos de evaluación de los que pueden presentar un efecto adverso directo sobre el medio ambiente en relación con el riesgo químico.

### EMISIONES Y VERTIDOS AL MEDIO AMBIENTE

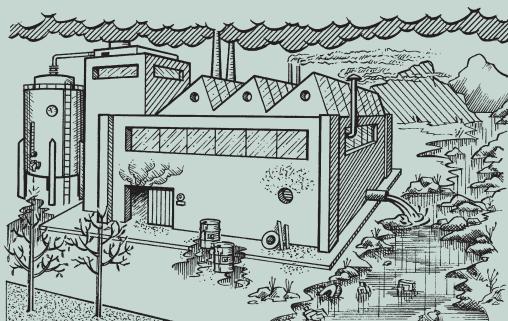


Figura 1.

## ACTIVIDAD DE LOS PODERES PÚBLICOS

Los poderes públicos tienen una importante actividad en cuanto a la protección del medio ambiente y actúan tanto desde el punto de vista legislativo, como de control de la aplicación de la legislación. En España, la mayor parte de la legislación medioambiental proviene de las autoridades y órganos legislativos de la UE, mientras que la aplicación y control de la misma está en manos de las Comunidades Autónomas, aspecto que debe ser

considerado puesto que puede haber matices distintos a la hora de aplicar dicha legislación, principalmente por lo que hace referencia a detalles de los mecanismos de evaluación establecidos.

### Ordenación de las actividades

La labor de ordenación de actividades por parte de los poderes públicos en cuanto a la actividad humana en relación con el medio ambiente se concreta en las acciones siguientes:

- Definir unos objetivos de calidad de los entornos receptores de la contaminación. Estos objetivos tienen en cuenta el uso que se da al territorio. No son los mismos para una ciudad que para un parque natural. También son distintos para la cabecera de un río que en la zona próxima a su desembocadura.
- Disponer de estudios que conduzcan al conocimiento de la capacidad del medio para recibir contaminantes (estudios de vulnerabilidad del territorio).
- Establecer los balances de las cantidades vertidas en el medio (control de emisiones y vertidos).
- Ordenar las actividades industriales, es decir, autorizar o denegar la instalación de actividades en función de todo lo anterior: objetivos de calidad, vulnerabilidad del territorio y presión ya existente en el medio.
- Fijar límites admisibles para las emisiones o los vertidos de la actividad concreta que se está autorizando, que en algunos casos pueden ser de tipo global, es decir, para un conjunto de empresas que ocupan un área geográfica determinada.

LA ORDENACIÓN DE ACTIVIDADES ES UNA  
HERRAMIENTA A DISPOSICIÓN DE LAS  
ADMINISTRACIONES PARA LA PROTECCIÓN  
DEL MEDIO AMBIENTE

### Declaración de impacto ambiental

En los casos en que se prevé una incidencia importante en el medio ambiente por la magnitud de la instalación, la regulación exige la elaboración de un estudio completo de todas las incidencias que sobre el medio ambiente puede tener la actividad para la que se solicita el permiso, tanto durante la fase de construcción de las instalaciones o infraestructuras, como durante la fase de explotación. Este estudio se conoce con el nombre de *estudio de impacto ambiental* y su realización es obligada en las instalaciones que fija la legislación ambiental aplicable en este caso (Ley 6/2001, modificación del RD legislativo 1302/1986, de evaluación de impacto ambiental).

La evaluación debe contener la estimación de los efectos previsibles sobre la población humana, la flora, la fauna, la vegetación, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área de implantación.

La elección de parámetros descriptivos de los vectores ambientales (aire, agua, suelo) es un problema difícil y por ello su fijación, por parte de los poderes públicos, se lleva a cabo con una relativa prudencia. Debe tenerse en cuenta que se trata de parámetros que deben aportar datos válidos sobre el entorno que se pretende describir y, además, deben ser medibles y sensibles a las acciones de control que se puedan adoptar.

Con la aplicación de políticas medioambientales se ha generalizado la utilización de índices de calidad del aire o del agua como descriptores de una situación, indicadores de una evolución a consecuencia de las acciones correctoras implantadas o elementos de comparación entre diferentes territorios.

La finalidad de un índice es simplificar, es decir, utilizar la mínima cantidad posible de información que permita un conocimiento suficiente de la realidad indizada. Se pueden citar como ejemplos de índices la concentración de partículas en aire, los sólidos totales contenidos en el agua, la turbidez, etc. Todos ellos son parámetros que no se corresponden con ninguna sustancia o producto químico en concreto, pero su valor indica un grado determinado de alteración del medio ambiente.

El establecimiento de criterios para valorar situaciones medioambientales, es decir, fijar valores límite admisibles para un contaminante es una labor que siempre tiene un importante nivel de incertidumbre, y, consecuentemente, a medida que aumenta el conocimiento sobre los efectos, a corto y, sobretodo, a largo plazo, de los productos químicos en el ambiente, es lógico que se modifiquen los valores considerados como "normales" para un índice concreto, al igual que ocurre en la Higiene industrial, disciplina en la que se revisan los valores propuestos para prevención de efectos sobre la salud de los trabajadores a partir de la información toxicológica que se va publicando. Teniendo en cuenta lo expuesto y a pesar de la dificultad de establecer límites de carácter general, existen algunos criterios de obligado cumplimiento contenidos en los reglamentos dictados al respecto que se citan en los apartados siguientes referidos a casos concretos.

### Establecimiento de límites ambientales

LAS REGLAMENTACIONES SOBRE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE LIMITAN LAS CANTIDADES QUE PUEDEN SER EMITIDAS O VERTIDAS

## PRINCIPALES PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES

En los párrafos siguientes describiremos las actuaciones básicas necesarias en relación con los principales problemas medioambientales a los que puede dar lugar la industria química, que están relacionados con las aguas residuales, las emisiones a la atmósfera, los vertidos al suelo y los residuos industriales.

**Aguas residuales**

El control del vertido de aguas residuales puede lograrse por el sistema clásico de depuración, pero, desde el punto de vista de gestión medioambiental, es mucho más efectiva la implantación de procesos con vertidos nulos o muy pequeños, es decir, procesos o tecnologías "limpias".

La peligrosidad de un vertido de aguas residuales no depende solamente de sus características cualitativas y cuantitativas, sino también de las del medio receptor. El medio acuático, y los ecosistemas en general, no son organizaciones pasivas, sino que tienen capacidad de respuesta frente a los agentes "externos". Un ejemplo significativo es este sentido son los ríos en los que un vertido de las aguas residuales de una industria alimentaria apenas causará un impacto local si el caudal es elevado, mientras que el mismo vertido en un río de poco caudal puede causar una catástrofe; tampoco el resultado del vertido sería el mismo si tuviera lugar en la cabecera o cerca de la desembocadura. En consecuencia, la fijación de valores límite, o criterios de evaluación, para juzgar la tolerabilidad de un vertido tiene que tener en cuenta la capacidad del medio para soportar la intrusión, y esta capacidad no es igual en todas partes, por lo que los valores límite no se pueden establecer de forma general, sino particularizados para cada entorno acuático específico. Como ya se ha comentado al hablar del establecimiento de valores límite ambientales, otra opción consiste en fijar valores máximos en el medio acuático.

La legislación más importante en cuanto a vertidos en aguas es la siguiente:

- Real Decreto 849/1986. Reglamento del Dominio Público Hidráulico modificado por el Real Decreto 606/2003.
- Orden de 12.11.1987. Normas sobre emisión, objetivos de calidad y métodos de medición de referencia, relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales.
- Real Decreto 258/1989. Normativa general sobre el vertido de sustancias peligrosas desde tierra al mar.

Por otro lado, la Ley de aguas (Ley 29/1985) establece de forma específica que cualquier vertido a un cauce público requerirá la tramitación del correspondiente permiso de vertido ante el Organismo de cuenca correspondiente, y éste, en el documento de autorización, establecerá las condiciones en que podrá realizar el vertido atendiendo a las características del vertido y del medio receptor.

**Emisiones a la atmósfera**

Lo expuesto en el punto anterior, por lo que se refiere a las aguas residuales, es totalmente aplicable a las emisiones atmosféricas ya que la liberación de productos a la atmósfera es el

origen de la contaminación y las reglamentaciones limitan las cantidades que pueden ser emitidas o bien fijan valores máximos de “inmisión” en el medio, es decir, limitan la cantidad presente del contaminante en el aire. Por otro lado, también en este caso, aunque el control de las emisiones puede lograrse mediante la depuración de los efluentes (depuradores de gases), desde el punto de vista de gestión medioambiental es mucho más efectiva la implantación de procesos o tecnologías “limpias”.

La legislación más importante en cuanto a emisiones atmosféricas es la siguiente:

- Real Decreto 833/1975. Desarrollo de la Ley 38/1972 sobre protección del medio ambiente atmosférico y Real Decreto 430/2004. Nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo.
- Real Decreto 108/1991. Prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente por el amianto.
- Real Decreto 1800/1995. Valores límite de emisión para grandes instalaciones de combustión (superiores a 50 MW).
- Ley 16/2002. Prevención y control integrados de la contaminación, modificada por Ley 1/2005. Gases efecto invernadero.
- Real Decreto 1073/2002. Evaluación y gestión en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.
- Real Decreto 117/2003. Limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.
- Real Decreto 653/2003. Incineración de residuos.
- Resolución de 11.9.2003. Programa nacional de reducción progresiva de emisiones nacionales de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

#### ACTIVIDADES PARA LAS QUE EXISTEN LÍMITES DE EMISIÓN

- Centrales térmicas
- Instalaciones de combustión industrial
- Incineración de residuos sólidos
- Siderurgia
- Metalurgia del aluminio, cobre, plomo y cinc
- Ferroaleaciones
- Refino de petróleo
- Fabricación de cal
- Fabricación de cementos
- Industria cerámica
- Vidrio y fibras minerales
- Plantas de aglomerados asfálticos
- Fabricación de ácido sulfúrico
- Fabricación de ácido nítrico
- Fabricación de fertilizantes
- Fabricación de carburo de calcio
- Fabricación de negro de humo
- Fabricación de alúmina
- Fabricación de cloro
- Fabricación de sosa (proceso solvay)
- Fabricación de arsénico, antimonio y cadmio
- Fabricación de pasta de papel
- Fabricación de viscosa
- Incineración de lodos de depuradora

Figura 2.

En el Decreto 833/1975 se establecen valores límite para las emisiones de ciertas actividades que se indican en la figura 2.

Asimismo se fijan una serie de valores límite de las emisiones atmosféricas de aplicación general para cualquier actividad que se presentan en la figura 3.

<b>LÍMITES DE EMISIÓN PARA ACTIVIDADES DIVERSAS NO ESPECIFICADAS EN EL ANEXO DEL RD 833/1975</b>	
<b>CONTAMINANTE</b>	<b>NIVELES DE EMISIÓN</b>
Partículas sólidas	150 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	4300 mg/Nm <sup>3</sup>
CO	500 ppm
NO <sub>x</sub> (como NO <sub>2</sub> )	300 ppm
F total	250 mg/Nm <sup>3</sup>
Cl	230 mg/Nm <sup>3</sup>
HCl	460 mg/Nm <sup>3</sup>
SH <sub>2</sub>	10 mg/Nm <sup>3</sup>

Figura 3.

### Vertidos al suelo

En el caso de la contaminación del suelo, el proceso es más simple: se trata de evitar el contacto directo de los productos químicos (sólidos y líquidos) con un suelo en el que puedan absorberse y llegar a las capas freáticas, contaminando el agua subterránea. Por ello, se establecen unos límites máximos de contaminación de los mismos, siendo la legislación de referencia el Real Decreto 9/2005. Relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

EXISTE REGLAMENTACIÓN ESPECÍFICA  
SOBRE EMISIONES Y VERTIDOS

### Residuos industriales

Un material es un residuo, según la definición legal, cuando su propietario debe o tiene la intención de desprendérse de él. Es decir, la definición de residuo atiende a un criterio funcional de utilidad para su propietario, no a un criterio económico o de valor en el mercado que pueda tener el material.

La gestión de los residuos peligrosos es una herramienta fundamental desde el punto de vista de la protección medioambien-

tal. Ello ha generado una abundante legislación, la más importante de la cual se menciona a continuación:

- Real Decreto 833/1988. Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 de residuos tóxicos y peligrosos (derogada por la Ley 10/1998) y su modificación por el Real Decreto 952/1997
- Resolución de 28.4.1995. Plan Nacional de Residuos Peligrosos
- Ley 11/1997. Ley de envases y residuos de envases
- Ley 10/1998. Ley de residuos
- Real Decreto 782/1998. Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997
- Orden de 13.10.1989, por la que se determinan los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos
- Orden MAM/304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos
- Real Decreto 653/2003. Incineración de residuos
- Real Decreto 208/2005. Aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos
- Real Decreto 679/2006. Regula la gestión de aceites industriales usados

Por otro lado, cabe resaltar que los residuos peligrosos son aquellos que presentan alguna característica de peligrosidad (figura 4) cuya medida y evaluación ya se ha tratado antes al exponer las características de peligrosidad de las sustancias y preparados en el capítulo 2.

Abundando en el punto de vista medioambiental, el problema de los residuos industriales tiene dos vertientes. Por un lado, el riesgo que supone para el medio ambiente el abandono de productos que pueden ser peligrosos o tóxicos para las especies animales o el hombre, y que por el hecho de abandonarlos sin control pueden ocasionar contaminaciones no sospechadas. Por otro lado, la evidencia del despilfarro que supone el abandonar cantidades ingentes de materiales, lo cual implica que han debido de extraerse, como

<b>CARACTERÍSTICAS QUE PERMITEN CLASIFICAR UN RESIDUO COMO PELIGROSO (REAL DECRETO 952/1997)</b>	
H1: Explosivo	
H2: Comburente	
H3-A: Fácilmente inflamable	
H3-B: Inflamable	
H4: Irritante	
H5: Nocivo	
H6: Tóxico	
H7: Carcinógeno	
H8: Corrosivo	
H9: Infeccioso	
H10: Tóxico para la reproducción	
H11: Mutagénico	
H12: Sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, con el agua o con un ácido	
H13: Sustancias o preparados susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia (lixiviado)	
H14: Peligroso para el medio ambiente	

Figura 4.

recursos naturales, en cantidades iguales en otro punto de la Tierra.

Como consecuencia de ello, las políticas gubernamentales en materia de residuos tienen un orden de prioridades muy bien definido, que es, en primer lugar, disminuir la generación de residuos, potenciando las prácticas de reutilización y reciclado de los materiales, y, en segundo lugar, utilizar los residuos que no se puedan reintroducir en los ciclos productivos como

LA ADECUADA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS ES IMPRESCINDIBLE PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

fuente de energía. Es lo que en léxico de gestión de residuos se denomina “valorización”, en el sentido de que se obtiene algún valor de ellos y no es necesario abandonarlos. La incidencia que repre-

sentan los procesos de valorización energética (incineración) en cuanto a emisión a la atmósfera ha limitado fuertemente su utilización.

Cuando la valorización no es posible, se acude a la tercera posibilidad que es depositar los residuos no valorizables en condiciones controladas, es decir, en vertederos o depósitos de seguridad que reúnan unas garantías suficientes de que los materiales allí depositados no van a ocasionar un daño al medio ambiente, con excepción - claro está- del hecho de que están ocupando un espacio que no podrá ser destinado a otros fines, y lo que en sí mismo ya supone un daño para el medio ambiente.

Lógicamente el tipo de residuos que pueden ser depositados depende de las condiciones del vertedero. En este caso también la reglamentación sobre protección del medio ambiente establece las condiciones en que debe ser explotado un vertedero (cantidades y tipos de residuo que puede admitir, lugares en los que se puede depositar cada tipo de residuo, controles que tiene que llevar, etc.), y que son particulares para cada instalación en función de sus características propias.

Como norma general no se permite la introducción de residuos líquidos en un vertedero, aunque no sean peligrosos. Ello es debido a que el riesgo mayor de un vertedero es el de arrastre por el agua de los productos depositados, o de los que se puedan formar como consecuencia de las reacciones que tienen lugar en la masa de desechos allí depositados (fermentaciones, degradaciones bioquímicas y reacciones

#### LISTA INDICATIVA DE RESIDUOS (O SUS COMPONENTES) NO ADMISIBLES EN VERTEDEROS

- Alquitranes ácidos
- Disolventes orgánicos inmiscibles (> 1%)
- Materiales que reaccionen con el agua
- Amianto (polvo y fibras)
- PCT y PCB (> 50 ppb)
- TCDD (> 10 ppb del isómero 2, 3, 7, 8)
- PCN (> 50 ppm)
- PAH (> 20 ppm)
- Compuestos organometálicos
- Hidrocarburos clorados > 1 ppm
- Plaguicidas (> 2 ppm)
- Cianuros libres (>10 ppm)

Figura 5.

de oxidación/reducción); en consecuencia, el control de las aguas que se filtran a través de la capa de desechos debe ser total y la primera medida es que no entre agua en el vertedero. En la práctica, los vertederos quedan clasificados en función del tipo de residuos que admiten, lo que implica un sistemático control previo a la deposición. A título de ejemplo, en la figura 5, se indican las limitaciones generalmente consideradas para poder depositar residuos en vertederos.



# Control del riesgo químico. Manipulación y almacenamiento de productos químicos

# 12

## INTRODUCCIÓN

La manipulación de productos químicos fuera del ámbito de las instalaciones que los contienen, es decir, fuera del “circuito cerrado” donde se procesan, circulan o se almacenan, puede dar lugar a accidentes con consecuencias de distinta índole. Los procesos en los que suelen tener lugar mayor número de accidentes son los trasvases y las manipulaciones en general, donde pueden tener lugar proyecciones, salpicaduras, contactos dérmicos, intoxicaciones y quemaduras por incendio.

También se suelen producir incidentes en el almacenamiento, tanto el asociado a áreas de producción como el efectuado independientemente. Gran parte de los mismos tienen lugar en depósitos a presión atmosférica, siguiendo en orden de importancia los ocurridos en contenedores portátiles y en depósitos presurizados.

Sin embargo, la mayoría de accidentes graves de origen químico tiene lugar en el transporte. Las causas más relevantes son las atribuibles a errores en la circulación de los vehículos por carretera. Sólo un 5%, tiene como origen las características intrínsecas de peligrosidad atribuibles al producto, al recipiente, al envase o a la cisterna. Como causas mayoritarias se citan: distracciones, velocidad excesiva o no adecuada al estado de la calzada, maniobras bruscas, no guardar la distancia de seguridad y problemas derivados del sueño y de la fatiga.

LA MAYORÍA DE ACCIDENTES GRAVES DE ORIGEN QUÍMICO TIENEN LUGAR DURANTE EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

En el presente capítulo se aborda la problemática del trasvase, con especial referencia a los problemas generados por la electricidad estática, el almacenamiento, las instalaciones de carga / descarga, el mantenimiento de instalaciones y equipos y el

transporte de los productos químicos peligrosos, considerando especialmente el transporte por carretera.

## TRASVASE DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Además de los accidentes ya citados, en el manejo de productos químicos peligrosos tienen lugar otros accidentes o incidentes relacionados con la manipulación de envases en operaciones de trasvase: derrames de o en recipientes, contaminación del recipiente, cortes y pinchazos, rozaduras con superficies rugosas, sobreesfuerzos, etc. En consecuencia, la necesidad de manipular manualmente productos químicos debe ser eliminada, en la medida de lo posible, preferentemente desde la realización del diseño de las instalaciones o, en su caso, al preparar los procedimientos de trabajo. Ello es posible mediante el uso de sistemas mecánicos y útiles de manutención adecuados. El empleo complementario de protecciones personales apropiadas también reduce la posibilidad de daños.

Debe tenerse en cuenta que un recipiente abierto contenido un producto es una fuente de peligros a causa de su volatilidad, inflamabilidad, toxicidad, corrosividad, reactividad con

el agua, etc. En consecuencia, debe ser práctica habitual cerrar siempre los recipientes una vez extraída la cantidad de producto necesaria y devolver los envases al lugar asignado de almacenamiento. De forma preferente, y si el proceso de trabajo lo permite, debería optarse por limitar los trasvases manuales, efectuándolos a través de instalaciones fijas.

En el trasvase de pequeñas cantidades deben emplearse equipos de protección personal adecuados a los riesgos específicos que presenten los productos a manipular, con especial atención a la protección de las manos, de la cara y del aparato respiratorio.

El empleo de equipos auxiliares para efectuar el trasvase debe responder a las características de seguridad necesarias para estos equipos. Si se trata de equipos de bombeo accionados eléctricamente, estarán dotados del nivel de protección necesario para no constituir focos de ignición de los vapores o gases generados en la operación.

### Características de los envases empleados en los trasvases

Se resumen a continuación, algunas consideraciones a tener en cuenta con respecto a los envases empleados en el trasvase de productos químicos inflamables o combustibles.

- Deben desecharse los envases frágiles, salvo excepciones condicionadas por la corrosividad o reactividad del producto con-

tenido con el material del envase o cuando la pureza del contenido pueda verse afectada. Muchos productos de uso en el laboratorio se encuentran en este caso.

- Los recipientes metálicos (acero, acero inoxidable, aluminio, etc.) y los de plástico, que estén certificados como resistentes al producto a contener, son los más seguros. También son recomendables los recipientes metálicos revestidos interiormente, para resistir la corrosión de las sustancias.
- Como norma general, en los lugares de trabajo es recomendable que los productos inflamables, para su manejo, estén contenidos en recipientes de seguridad certificados. Las características de los mismos son: resistencia mecánica adecuada, estanqueidad en cualquier posición (aun en posición invertida), existencia de un dispositivo de seguridad para el alivio de la sobrepresión y/o del vacío en su caso, dispositivo parallamas, etc. También pueden disponer de una manguera flexible para efectuar el trasvase con mayor fiabilidad y mínimo goteo. Así mismo, algunos están dotados de una válvula de cierre automático situada en el interior del recipiente.
- Si el vidrio resultara ser el material más apropiado, pueden emplearse envases protegidos con revestimiento exterior adecuado que, en caso de caídas o golpes, eviten su rotura y el derrame del líquido contenido, permitiendo su transporte a un lugar no peligroso. En todo caso los recipientes de vidrio deben limitarse para pequeñas cantidades.
- A los bidones de capacidad hasta 250 litros, que no suelen disponer en origen de elementos de seguridad incorporados, se les pueden incorporar dispositivos de seguridad si fueran del todo necesarios.

La primera medida preventiva es emplear procedimientos seguros de manipulación. En general, deben evitarse los trasvases a recipientes más pequeños en el interior de los almacenes, excepto si en éstos se dispone de equipos de ventilación localizada que garanticen, como parámetros orientativos, que a 20-25 cm del punto de emisión (boca del recipiente nodriza) la velocidad de captura es de  $0,25 - 0,50 \text{ m s}^{-1}$  con un caudal mínimo de aspiración de  $0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . La extracción de gases o vapores debe de estar canalizada hasta el exterior de los almacenes mediante conductos exclusivos y disponer de un sistema de filtro adecuado.

#### Medidas preventivas

No se permitirá realizar en el interior de almacenes cerrados operaciones de llenado, trasvase o manipulación de líquidos inflamables de las clases A y B1 (según la ITC-MIE-APO 1 del RD 379/01).

Para efectuar trasvases, en los lugares autorizados para los mismos, se efectuarán por gravedad o bien se dispondrá de bombas adecuadas al producto y a sus características. Si se emplean bombas de succión, manuales o eléctricas, deberán reunir las condiciones establecidas en el Reglamento de Baja Tensión, Instrucción MIBT 029 (REBT RD 842/02).

Para eliminar la electricidad estática, creada por la circulación de los fluidos, se interconectarán eléctricamente los recipientes y/o depósitos entre sí y con la toma de tierra del almacén.

El recipiente para trasvase y el recipiente a llenar estarán situados sobre bandejas adecuadas para la recogida de los eventuales derrames o goteos. En lugares próximos a donde se trasvasen o manipulen productos peligrosos deben existir lavaojos y duchas de emergencia.

El lugar donde se efectúe el trasvase o llenado de recipientes deberá estar separado del almacenamiento mediante la adecuada distancia de seguridad o mediante paredes de EI (Parallamas – Estanqueidad y Aislamiento Térmico) o REI (Estabilidad estructural, Parallamas – Estanqueidad y Aislamiento Térmico) adecuadas (según el RD 2267/2004).

Se aconseja la extracción localizada de los vapores que se desprenden durante el trasvase, especialmente para productos de la clase B (B1 y B2, según la ITC-MIE-APQ 1 del RD 379/01).

Debe prohibirse fumar o realizar cualquier operación que pueda aportar focos de ignición, durante el tiempo que dure el trasvase.

No deberían emplearse medios de transferencia o trasvase por presurizado del recipiente, excepto si se cuenta con medios efectivos para el control de la presión que garanticen que la misma se mantiene siempre por debajo de la presión de diseño del recipiente a vaciar.

Los eventuales derrames se recogerán de inmediato o a lo sumo, si el vertido no ocasiona riesgos inminentes, al finalizar la operación. Para efectuar trasvases desde bidones deben utilizarse las siguientes medidas de seguridad:

- Existencia de venteos con garantías de seguridad.
- Conexión a la puesta a tierra del recipiente nodriza y del receptor (conexión mediante cable de puesta a tierra). Los recipientes estarán interconectados eléctricamente. Los conductores eléctricos ofrecerán la resistencia eléctrica necesaria.
- Cuna o bastidor, porta-recipientes nodriza, de resistencia adecuada, que podrá estar anclada en el piso o dotada de ruedas dotadas de freno.

- Bandeja para recoger los derrames y goteos, que cubra la zona de trasvase y sea de capacidad adecuada al recipiente.

<b>INSTRUCCIONES ESPECÍFICAS DE TRABAJO EN TRASVASES</b>	
EMPRESA: CNCT/INSHT	
LUGAR: Almacén de productos químicos	ZONA DE TRABAJO:
	ACTIVIDAD: Envasado
<b>Identificación del producto</b>	
Resina en solución 510 Número del producto referencia interna: 00000000 Solución de resina, líquida, amarilla. Contiene xileno y tolueno.	
<b>Riesgos para el hombre y el medio ambiente</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Muy inflamable</li><li>- Nocivo por inhalación e ingestión</li><li>- Los vapores pueden formar mezclas inflamables con el aire.</li></ul>	
<b>Medidas de protección y reglas de comportamiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Conservar el producto en recipientes herméticamente cerrados.</li><li>- Proteger las manos con guantes de caucho resistentes a los disolventes.</li><li>- No fumar, comer ni beber en el puesto de trabajo.</li><li>- Mantener el producto alejado de fuentes de ignición.</li><li>- Evitar la acumulación de cargas de electricidad estática.</li><li>- Vigilar la ventilación del puesto de trabajo.</li><li>- Lavar cuidadosamente las manos antes de cada pausa y al final de la jornada de trabajo.</li></ul>	
<b>Incompatibilidades de almacenamiento</b>	
La resina en solución 510 no debe almacenarse conjuntamente con otros productos tóxicos o comburentes.	
<b>Actuación en caso de peligro</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- En caso de ventilación insuficiente (olor a disolvente, molestias olfativas), utilizar máscara de protección con filtro tipo.....</li><li>- En caso de incendio, emplear solamente extintores de polvo.</li><li>- No usar agua.</li><li>- Esta resina contamina las aguas.</li><li>- No verter los residuos a los desagües.</li></ul>	
<b>Primeros auxilios</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- En caso de contacto cutáneo, lavar la piel con agua y jabón.</li><li>- En caso de contacto ocular, lavar los ojos con abundante agua.</li><li>- En caso de molestias por inhalación, respirar aire fresco y acudir a .....</li><li>- Teléfono de urgencia: 0000000</li></ul>	
<b>Eliminación de residuos</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Los derrames en pequeñas cantidades se recogerán con.....</li><li>- Informar al responsable del almacén.</li><li>- Si se derraman grandes cantidades, informar al responsable inmediatamente.</li><li>- Los envases y/o recipientes vacíos se dejarán en el almacén para ser devueltos al suministrador.</li></ul>	

Figura 1.

- Para el trasvase mediante bombas de accionamiento manual, desde un recipiente vertical, deben utilizarse bombas con mangueras eléctricamente conductoras.

### Instrucciones específicas de trabajo en trasvases

Las instrucciones de trabajo (véase un ejemplo en la figura 1) deben incluir los aspectos siguientes: zona de trabajo; actividad; identificación del producto y de los peligros del mismo para las personas, medio ambiente y bienes; incompatibilidades de almacenamiento; medidas de protección e instrucciones de actuación; medidas de emergencia; primeros auxilios a aplicar y disposiciones para el tratamiento, almacenamiento y eliminación de vertidos y residuos (desechos).

## ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La electricidad estática constituye un desequilibrio en la distribución de las cargas eléctricas entre la superficie de dos elementos o medios próximos, con la creación de un campo eléctrico y una diferencia de potencial que puede generar una descarga eléctrica. Es decir, entre dos elementos con carga de igual

valor y signo contrario, que se encuentran separados por un medio aislante (que en el caso de trasvases es el aire), puede establecerse, de existir una vía conductora, una descarga disruptiva con liberación de energía. Tales descargas también se producen entre un cuerpo cargado eléctricamente y otro cuerpo próximo exento de cargas pero conectado eléctricamente a tierra. Si se disminuye la distancia entre los elementos, la tensión necesaria para que se produzca la descarga disruptiva asimismo disminuye, siendo la energía liberada al producirse la descarga (arco eléctrico) el parámetro que determina la peligrosidad de la misma.

En el caso concreto de productos líquidos con propiedades inflamables, y dependiendo de la temperatura (presión de vapor), de la concentración y del punto de inflamación, pueden formarse mezclas explosivas vapor-aire susceptibles de inflamarse ante cualquier tipo de fuente de ignición, entre las que cabe destacar las cargas electrostáticas. Éstas pueden provocar

**ENERGÍA MÍNIMA DE IGNICIÓN EN EL AIRE DE PRODUCTOS DE USO MÁS FRECUENTE**

Sustancia	$e_A$ (mJ)
Disulfuro de carbono	$9 \cdot 10^{-3}$
Hidrógeno	$11 \cdot 10^{-3}$
Acetileno	$17 \cdot 10^{-3}$
Etileno	$7 \cdot 10^{-2}$
Metanol	$14 \cdot 10^{-2}$
Ciclopropano	$18 \cdot 10^{-2}$
Ciclohexano	$22 \cdot 10^{-2}$
n-Heptano	$24 \cdot 10^{-2}$
Propano	$25 \cdot 10^{-2}$
Metano	$29 \cdot 10^{-2}$
Alcohol isopropílico	$65 \cdot 10^{-2}$
Acetona	1.15
Iso-octano	1.35
Acetato de etilo	1.42

Figura 2.

la ignición de la mezcla explosiva, siempre y cuando la energía liberada en la descarga sea mayor que la energía mínima de ignición de la mezcla vapor inflamable-aire presente en este momento. En la figura 2 se muestran las energías mínimas de ignición en el aire de algunos productos.

La probabilidad de que se den de forma simultánea la presencia de una atmósfera inflamable y/o explosiva y una descarga con energía suficiente para causar una ignición de la mezcla de vapor-inflamable es relativamente baja.

La posibilidad de que se originen situaciones de peligro en el trasvase de ciertos líquidos está ligada a su resistividad, partiendo de este hecho podemos dividir los líquidos en: líquidos conductores y líquidos no conductores, según que el valor de su resistividad sea inferior o superior a  $10^8 \Omega \cdot m$ . En las

LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA ES EL ORIGEN DE MUCHOS DE LOS ACCIDENTES POR INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN PRODUCIDOS DURANTE EL TRASVASE DE LÍQUIDOS Y POLVOS INFLAMABLES

#### Capacidad de carga electrostática de los líquidos

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE LÍQUIDOS CONDUCTORES	
Líquidos	Resistividad
1,2-dicloroetano	$10^7 \Omega \cdot m$
ácido benzoico etil éster	
metanol-etanol	$10^6 \Omega \cdot m$
n-propanol, n-butanol	
ácido acético etil éster	
ácido acético	$10^5 \Omega \cdot m$
acetona, butanona	
ciclohexanona	
isobutanol	$10^4 \Omega \cdot m$
isopropanol, t-butanol	
ácido fórmico etil éster	
ácido acético anhidro	
glicol monoethyl éter	$10^3 \Omega \cdot m$
acetaldehido	
ácido fórmico	$10^2 \Omega \cdot m$
En esta categoría se incluyen: hidrocarburos con grupos polares como alcoholes, ácidos, aldehídos, cetonas, ésteres, nitrilos, amidas, aminas, nitro-compuestos. ( $\rho_D < 10^8 \Omega \cdot m$ )	

Figura 3.

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE LÍQUIDOS NO CONDUCTORES	
Líquidos	Resistividad
disulfuro de carbono	$10^{16} \Omega \cdot m$
tetracloruro de carbono	$10^{15} \Omega \cdot m$
aceites diesel, gasolina	$10^{13} \Omega \cdot m$
ciclohexano	
mesitileno, dietiléter	
benceno, tolueno, xileno	
1,4-dioxano	$10^{12} \Omega \cdot m$
anisol	$10^{11} \Omega \cdot m$
ácido esteárico dibutil éster	$10^{10} \Omega \cdot m$
ácido sebálico dibutil éster	$10^8 \Omega \cdot m$
bromobenceno	
clorobenceno	
diclorometano	
cloroformo	
ácido propiónico	
En esta categoría se incluyen: hidrocarburos alifáticos y aromáticos, éteres y ésteres de ácidos de alto peso molecular. ( $\rho_D > 10^8 \Omega \cdot m$ )	

Figura 4.

figuras 3 y 4 se indican las resistividades eléctricas de estos dos grupos.

La tendencia a acumular cargas electrostáticas de un líquido puede verse incrementada si el mismo contiene componentes no miscibles o sólidos en suspensión, tales como pequeñas cantidades de agua o cristalizaciones en líquidos no conductores.

### Medidas preventivas

Son aquellas que tienen por objeto evitar la existencia de atmósferas inflamables y/o controlar que la generación de cargas electrostáticas sea nula o lo más baja posible. Las medidas principales son: el control de las atmósferas inflamables, el control de la velocidad de circulación de los líquidos, el empleo de aditivos antiestáticos, el empleo de instalaciones y equipos eléctricos protegidos y el control de los impactos mecánicos.

#### *Control de atmósferas inflamables*

El evitar la formación de mezclas vapor-aire inflamable debe tener un carácter prioritario, ya que es la opción preventiva más fiable. Se puede conseguir mediante el empleo de un gas inerte (Ej.: Nitrógeno) o mediante la ventilación; también en algunos casos es posible el empleo del propio gas o vapor inflamable, pero solo si podemos garantizar plenamente que las condiciones de trabajo estarán en todo momento muy por encima del límite superior de inflamabilidad (L.S.I.). La ventilación forzada permite asegurar que la atmósfera de un recipiente abierto se sitúe por debajo de su límite inferior de inflamabilidad (L.I.I.) mediante el aporte de suficiente caudal de aire exterior, que diluya la cantidad de materia inflamable evaporada o generada manteniendo su concentración ambiental por debajo del 20% del L.I.I. como máximo.

#### *Control de la velocidad de circulación de los líquidos*

Deben evitarse altas velocidades de circulación de los líquidos a través de los conductos y procurar que las paredes en contacto con los mismos tengan una superficie lo más lisa posible. Como norma general, para líquidos de elevada resistividad su velocidad de circulación no debe de superar los  $7 \text{ m s}^{-1}$ , mientras que para los de menor resistividad (polarizables) la velocidad puede ser ligeramente superior, sin alcanzar en ningún caso los  $10 \text{ m s}^{-1}$ . Siempre que se trasvasen líquidos inflamables con sólidos en suspensión, o con presencia de agua y/o de mezclas insolubles, es recomendable que la velocidad de trasvase sea inferior a  $1 \text{ m s}^{-1}$ .

#### *Empleo de aditivos antiestáticos*

Cuando el producto lo permita, se puede reducir la resistividad del líquido hasta valores del orden de  $10^{10} \text{ ohmios x cm}$

mediante la adición al mismo de pequeñas cantidades de aditivos antiestáticos.

#### *Instalación y equipos eléctricos protegidos*

En las zonas donde se manipulan y almacenan gases, vapores o líquidos inflamables, la instalación eléctrica y los equipos empleados deben ser los adecuados a la zona donde estén ubicados, según se establece en la Instrucción Técnica Complementaria MIBT 029 – Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT RD 842/02). Las bombas deben estar provistas de motor y equipo eléctrico que cumpla con la MI-BT 029 o bien ser de accionamiento neumático.

#### *Control de impactos mecánicos*

Debe evitarse que se produzca cualquier tipo de impacto mecánico, ya que puede generar chispas que den lugar a incendios y/o explosiones. Por ello todos aquellos elementos metálicos de los equipos de bombeo que puedan dar lugar a golpes o fricciones durante su manejo deben estar construidos de material antichispa (generalmente aleaciones de metales ligeros compatibles).

Así mismo, las herramientas manuales empleadas para la manipulación de los recipientes y valvulería (apertura de recipientes, cierre de válvulas, etc.), en su caso, deben ser del tipo antichispa (cobre-berilio, bronce, etc.)

Tienen por objeto controlar las descargas disruptivas, a fin de evitar que éstas se produzcan o que, en el caso de producirse, no sean peligrosas. Las medidas más usuales son: la instalación de conexiones equipotenciales con puestas a tierra, el empleo de ropa de trabajo apropiada, el control de la atmósfera y de la humedad ambiental, el respeto de los tiempos de relajación y el empleo de procedimientos de trabajo seguros.

#### **Medidas de protección**

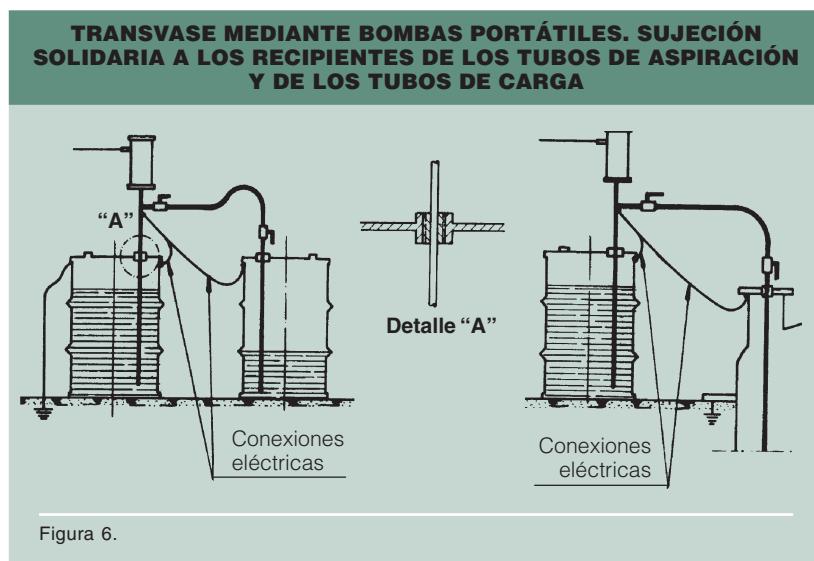
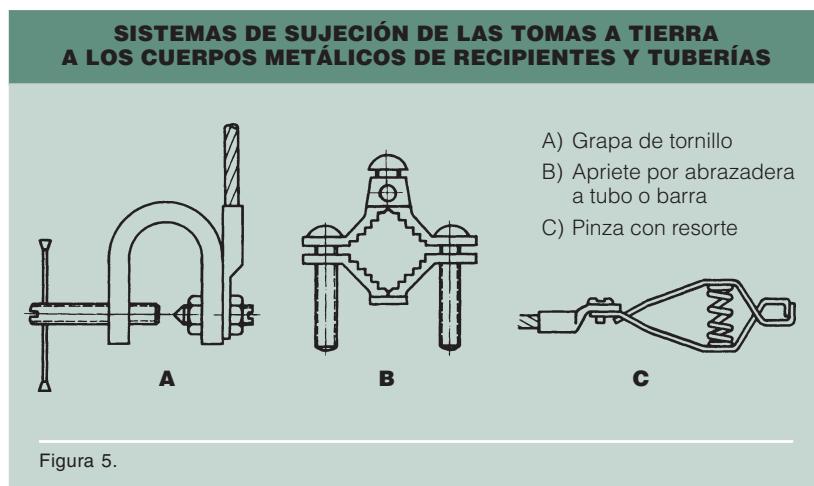
#### *Conexiones equipotenciales y puestas a tierra*

Hay que asegurarse de que las cargas electroestáticas generadas en el proceso puedan eliminarse fácilmente sin ocasionar ningún peligro. Esto puede lograrse mediante la conexión de todas las superficies conductoras (estando a su vez el conjunto conectado a la puesta a tierra), es decir, entre el recipiente a vaciar, el equipo de bombeo, sus conductos y el recipiente a llenar. Debe tenerse en cuenta que la resistencia de la puesta a tierra debe ser lo más baja posible.

Las conexiones y puestas a tierra deben facilitar una protección suficiente frente a la corrosión, tener una alta resistencia mecánica con una baja resistencia eléctrica, flexibilidad, especialmente aquellas que requieran frecuente conexión y desconexión, así como disponer de cierres que aseguren la sujeción fácil y segura a los recipientes y a la puesta a tierra. Ver ejemplos en las figuras 5, 6, 7 y 8.

#### *Control del tiempo de relajación*

Es importante mantener un tiempo de espera, llamado también “de relajación”, desde que finaliza el trasvase hasta que se



**LLENADO DE PEQUEÑOS RECIPIENTES METÁLICOS POR GRAVEDAD DESDE RECIPIENTE MÓVIL**

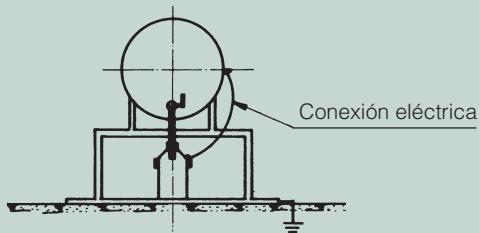


Figura 7.

**LLENADO DE RECIPIENTE CON EMBUDO TUBULAR DESDE INSTALACIÓN FIJA**



Figura 8.

inicien las operaciones que puedan generar focos de ignición como son la apertura de tapas, toma de muestras, trabajos que puedan generar chispas, etc. Estos tiempos deben quedar establecidos con un margen de seguridad suficiente en los procedimientos de trabajo. Para los líquidos inflamables conductores se recomienda que este tiempo sea como mínimo de 1 minuto y para los no conductores (de resistividad superior a  $10^{11}$  ohmios x cm) de más de 3 minutos.

#### *Ropa de trabajo*

La ropa de trabajo debe ser preferiblemente ignífuga o ignifugada, o en su defecto se utilizará ropa de algodón, incluso para la ropa interior. No deben utilizarse nunca prendas de fibras sintéticas, siendo asimismo aconsejable el limitar en lo posible las prendas de lana. El calzado y los guantes deben ser conductores. Los zapatos con suela de cuero ofrecen, si hay humedad suficiente, una conductividad elevada, pero cuando se usen otros materiales aislantes, junto con la suela de cuero, es recomendable emplear remaches metálicos que atraviesen la suela de los zapatos (uso recomendado en ambientes con atmósferas exentas de gases o vapores inflamables u explosivos). La resistencia máxima admitida por la ASA (*American Standards Association*), para los zapatos conductores, es de 450.000 ohmios y para los suelos conductores, de 250.000 ohmios.

#### *Control de la humedad ambiental*

El mantener en las zonas de traspaso y almacenamiento un nivel de humedad relativa por encima del 60% es una medida recomendable para prevenir la presencia de electricidad estática en atmósferas inflamables. Con niveles de humedad del orden del

UN PORCENTAJE ELEVADO DE HUMEDAD AMBIENTAL CONSTITUYE UNA ÚTIL Y COMPLEMENTARIA MEDIDA PREVENTIVA EN LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PRODUCIDOS POR LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

60% o superiores, se llega a establecer una ligera película de humedad sobre las superficies, lo que proporciona una mejora de la conductividad eléctrica de los materiales y facilita la eliminación de cargas estáticas.

#### *Procedimientos de trabajo seguros*

Todas las medidas de protección y las de prevención citadas hasta el presente solo serán verdaderamente efectivas si se puede garantizar: su control y aplicación mediante la utilización de procedimientos y equipos de trabajo seguros, la formación de todas las personas expuestas al riesgo, que se verifica periódicamente el cumplimiento de las medidas y procedimientos aplicados así como el estado y utilización de los equipos de trabajo empleados

### **ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS**

Por “almacenamiento” se entiende el conjunto de recipientes, sea cual sea el tipo de los mismos, que pueden contener o han contenido productos químicos, ya estén ubicados en el interior o en el exterior de edificios.

Los almacenamientos en recipientes fijos, sitos en el exterior o en el interior de edificios, comprenden un área que incluye los tanques y/o depósitos propiamente dichos, sus cubetos de retención, las vías de circulación y separación, los conductos de conexión y las zonas e instalaciones anexas a las de carga, descarga y tránsito.

Los productos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos (licuados a presión, licuados a baja temperatura, comprimidos o disueltos a presión) con sus correspondientes características de peligrosidad. Las instalaciones de almacenamiento están reguladas por el RD 379/2001 “Reglamento de almacenamiento de productos químicos”.

Este Reglamento introdujo cambios conceptuales respecto a la reglamentación anterior. Se unifica la peligrosidad de toda sustancia de acuerdo con la reglamentación de clasificación, etiquetado y envasado, que es la base de referencia; hay una plena asunción por el respeto al medio ambiente; se permite una mayor flexibilidad en el diseño constructivo de la seguridad de las instalaciones, al permitir otras medidas a las legalmente establecidas siempre que garanticen una seguridad igual o mayor, también se obliga a diseñar y construir la instalación y tanques

de almacenamiento de acuerdo con normas nacionales o internacionales reconocidas, sin una referencia expresa a las mismas; se exonera de aplicación de tal reglamentación a almacenamientos de pequeñas cantidades, según límites establecidos; y finalmente se obliga al aseguramiento de las instalaciones ante posibles accidentes catastróficos.

EXISTEN REGLAMENTACIONES ESPECÍFICAS QUE CONTEMPLAN UNA GRAN PARTE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ALMACENAMIENTOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

Las disposiciones de este Reglamento se completan con las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) que desarrollan las prescripciones técnicas que han de cumplir los tipos específicos de almacenamiento. Hasta el presente existen las siguientes: MIE-APQ 1 Almacenamiento de Líquidos Inflamables y Combustibles, MIE-APQ 2 Almacenamiento de Óxido de Etíleno, MIE-APQ 3 Almacenamiento de Cloro, MIE-APQ 4 Almacenamiento de Amoníaco Anhídrido, MIE-APQ 5 Almacenamiento de Botellas y Botellones de Gases Comprimidos, Licuados y Disueltos a Presión, MIE-APQ 6 Almacenamiento de Líquidos Corrosivos, MIE-APQ 7 Almacenamiento de Líquidos Tóxicos y MIE-APQ 8 Almacenamientos de Fertilizantes a base de Nitrato Amónico con alto contenido en Nitrógeno.

Este Reglamento está permanentemente revisado y actualizado, lo que comporta la publicación periódica de nuevas ITC. Actualmente está en fase avanzada de elaboración la MIE-APQ 9 sobre Almacenamiento de Peróxidos Orgánicos.

La empresa debe gestionar adecuadamente el almacenamiento de los productos químicos peligrosos, debiendo existir un responsable específico para ello. De manera general, deben considerarse los siguientes aspectos: aplicación de los reglamentos, asignación de responsabilidades, selección de colaboradores cualificados, control de las medidas preventivas de seguridad, distribución de la información sobre los productos peligrosos, contactos con las autoridades, construcción y equipamiento de los almacenes, organización del mantenimiento, revisión de las instalaciones, planificación de emergencias, etc.

#### Aspectos a considerar en el almacenamiento

De acuerdo con la definición dada y con la práctica común, que suele considerar los almacenamientos de proceso como parte del mismo, se pueden dividir los almacenamientos en dos clases: almacenamientos anejos a plantas de proceso y plantas exclusivas de almacenamiento.

#### Clases de almacenamientos

Los almacenamientos anejos a plantas de proceso tienen básicamente como objeto la recepción de las materias primas y de

las auxiliares para la producción, así como la expedición de los productos terminados.

Bajo el concepto de “plantas exclusivas de almacenamiento” encontraremos tanto los almacenes que son propiedad del fabricante de los productos, como aquellos que están dedicados a la distribución de los productos químicos.

Desde el punto de vista de seguridad, los problemas son los mismos, por lo que también lo serán las medidas preventivas a aplicar. Una condición previa es conocer la peligrosidad de los productos que se emplean, utilizan o intervienen en un determinado proceso y/u operación básica. Por ello es importante que, a través del símbolo de peligro, se pueda reconocer de forma rápida la peligrosidad de un determinado producto. En el capítulo 8 se incluyen los símbolos empleados en el etiquetado de sustancias peligrosas y en un apartado posterior de este capítulo se incluyen también los empleados en el transporte. También debe recordarse que la ausencia de una señalización de peligro no significa en ningún caso que el producto no entrañe o esté exento de algún tipo de peligro y que las señales de peligro solo indican el peligro principal, por lo que pueden existir además otros secundarios no señalizados que deben ser tenidos en cuenta para el tratamiento de los productos.

---

#### **Gestión de los “stocks” y organización del almacén**

El plan de almacenamiento debe permitir conocer con rapidez y precisión la naturaleza de los productos almacenados, su cantidad y su localización dentro del almacén, para actuar adecuadamente en caso de incidente (fuga, derrame, incendio, etc.). Es también conveniente al distribuir la superficie de las diferentes secciones, señalizarlas claramente de forma que sean inconfundibles los productos almacenados en cada una de ellas y/o las familias de peligro; se utilizará, por ejemplo: el nombre o la formulación (según la IUPAC), para poderlas identificar sin riesgo de confusión (siempre que la señalización empleada permita que los mismos sean clara y plenamente identificados por parte de los operarios del almacén y por los servicios de emergencia). El plan debe incluir, como mínimo, la cantidad máxima admisible de cada clase de producto, el tipo o tipos de envases y embalajes admitidos en el almacenado, la capacidad total de almacenamiento (a poder ser desglosada por productos), las secciones del almacén en las que se encuentran las diferentes clases de productos, la cantidad y la clase almacenada de cada producto actualizada al día, así mismo deben existir tablas de incompatibilidades de almacenamiento conjunto, la Ficha de Seguridad de cada producto y las medidas y medios para hacer frente a una posible situación de emergencia.

<b>FICHA CONTROL DE PRODUCTOS</b>		
ENTRADA <input type="checkbox"/>	SALIDA <input type="checkbox"/>	
REACTIVO _____		
CANTIDAD _____	CALIDAD _____	
MARCA _____	REFERENCIA _____	LOTE _____
UBICACIÓN _____	CADUCIDAD _____	
OBSERVACIONES _____	FECHA _____	
Firma,		

Figura 9.

Por otra parte, es recomendable que en los registros de almacenamiento (figura 9) figuren, tanto para las entradas como para las salidas de almacén, los datos siguientes: producto, clase, fecha de entrada o salida, caducidad (si existe) e indicaciones particulares (reactividad, incompatibilidades, etc.)

Desde el punto de vista de seguridad la principal medida es el mantenimiento de las existencias de productos químicos peligrosos al nivel más bajo posible. Una vez aceptado este principio, un sistema muy extendido y seguro se basa en el almacenamiento específico en locales separados, alejados entre sí como mínimo por las distancias legalmente establecidas o en su caso por las que resulten de un estudio completo de los posibles escenarios y del cálculo de las consecuencias, acondicionados a las características de los productos que contienen y en cuyo interior exista una separación física (por distancia o muros adecuados) entre los diferentes "stocks". Los productos peligrosos deben almacenarse agrupados por clases, respetándose las prohibiciones de almacenamiento conjunto de productos incompatibles, así como las cantidades máximas recomendadas.

#### **Medidas de seguridad**

##### *Incompatibilidades entre productos*

Un aspecto muy importante en el almacenamiento de los productos químicos es el de la incompatibilidad. En consecuencia, los productos que puedan reaccionar entre sí de forma violenta no deben ser almacenados conjuntamente, independientemente de las cantidades de los mismos, para que, en caso de incendio, caídas, roturas o cual-

LA INCOMPATIBILIDAD ES UN FACTOR FUNDAMENTAL A CONSIDERAR EN EL DISEÑO, MANTENIMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS ALMACENAMIENTOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

quier otro tipo de incidente que pueda afectar a la integridad de los envases o embalajes y los productos contenidos, éstos no puedan entrar en contacto y dar lugar a reacciones peligrosas.

Los productos tóxicos no deben almacenarse junto a productos comburentes y ambos no deben almacenarse junto a inflamables (de cualquier categoría), peróxidos, gases comprimidos, licuados o disueltos y productos que desprenden gases inflamables en contacto con el agua. Evidentemente, pueden darse muchas más incompatibilidades; por ejemplo, entre ácidos y bases, cuya posible distribución en un almacén se presenta en la figura 10. En la figura 11 se resumen las incompatibilidades más características.

#### *Espacios físicos del almacén*

Las vías de tránsito, los accesos a las puertas y a las salidas de emergencia deben estar siempre libres y despejadas, debiendo éstas últimas poder abrirse en cualquier momento de la jornada laboral. Asimismo, las vías de evacuación y las salidas de emergencia deben estar convenientemente señalizadas. Las vías de tránsito, además, deben estar separadas para las personas y las carretillas de manutención, con la anchura necesaria.

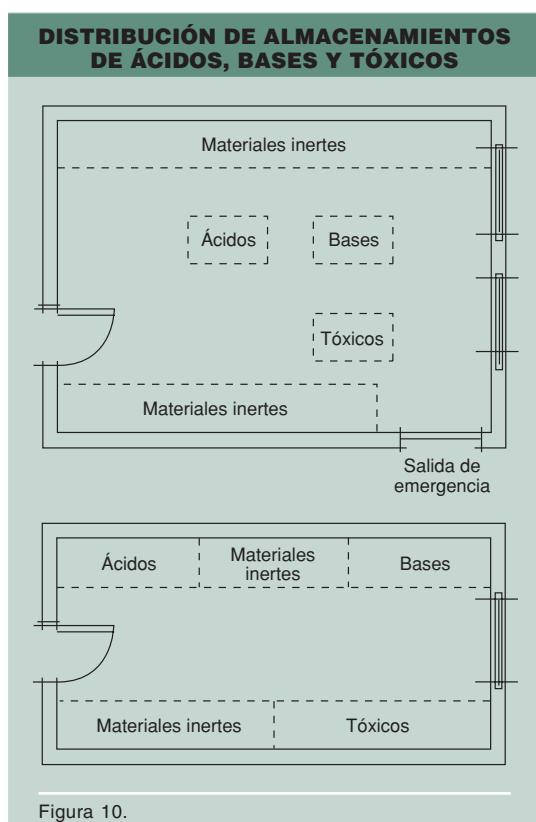


Figura 10.

#### *Altura de los apilamientos*

La altura máxima de apilamiento debería ser tal que, en el caso de caída de un envase o embalaje, éste no sufra daños. Salvo que se utilicen medios auxiliares, no deberían sobrepasarse 0,4-0,5 m de altura de apilado para recipientes frágiles dotados de embalaje exterior y que contengan productos inflamables, tóxicos, comburentes o corrosivos. Para otros tipos de productos, en recipientes de idénticas condiciones a las del apartado anterior, sus alturas máximas de apilamiento deberían ser tales que los recipientes no puedan caer y en ningún caso deberán ser superiores a 1,5 m. En ambos casos, las pilas de envases se asegurarán de forma que no puedan volcarse o desmoronarse. Los bidones de productos inflamables no deben almacenarse apilados directamente unos encima de otros.

Los productos peligrosos pueden ser almacenados en estanterías paletizadas, ade-

CUADRO RESUMEN DE INCOMPATIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS						
	+	-	-	-	-	+
	-	+	-	-	-	-
	-	-	+	-	-	+
	-	-	-	+	-	-
	-	-	-	-	+	O
	+	-	+	-	O	+

+ Se pueden almacenar conjuntamente  
 O Solamente podrán almacenarse juntas, si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención.  
 - No deben almacenarse juntas.

Figura 11.

cuadamente adaptadas a las características de los productos almacenados. Las paletas tendrán una carga máxima igual al módulo de carga establecido para el diseño de la resistencia y carga de la estantería, debiendo la carga máxima admisible por estante estar claramente indicada en las respectivas hileras. Las esquinas de las hileras de las estanterías deben equiparse con topes de protección contra impactos.

#### *Limpieza del almacén*

La limpieza del almacén debe realizarse con medios adecuados, preferiblemente por aspiración y siempre sin levantar polvo. Debe evitarse el barrido en seco.

*Fugas y derrames*

Las fugas y derrames deben ser comunicadas inmediatamente y evitar su vertido a los desagües. Esto conlleva el establecimiento de un plan de actuación en relación con las características de los incidentes previsibles en la instalación de almacenamiento. La eliminación de pequeños derrames se hará con agentes absorbentes y/o neutralizantes, según el caso, que, una vez usados, se depositarán en recipientes adecuados según el tipo de residuo y se tratarán según corresponda. Como norma general debe descartarse el uso del serrín como absorbente de líquidos inflamables y corrosivos, recomendándose el carbón activado (u otro potente adsorbente alternativo) para los productos volátiles, ya que presenta la ventaja de absorber también los vapores. Los derrames deberán ser recogidos y tratados para su eliminación como residuos.

*Protección contra incendios*

En la valoración del riesgo de incendio en almacenes de productos peligrosos debe tenerse en cuenta la formación de gases y vapores nocivos para las personas que trabajan en los mismos y/o en sus proximidades, así como aquellos que sean peligrosos para el medio ambiente. Respecto a los elementos e instalaciones de lucha contra incendios, es preciso tener en cuenta que los extintores y las instalaciones fijas contra incendios siempre deben ser fácilmente accesibles y hallarse en perfectas condiciones de uso. Las duchas y lavaojos de emergencia deben ser fácilmente accesibles y localizables, estar debidamente señalizados y disponer de un plan de revisión periódica.

Todos los trabajadores deben estar formados en el correcto manejo de los extintores, que deben ser recargados inmediatamente después de cada uso o apertura, y en el de las instalaciones contra incendios, tanto móviles como fijas. En este último caso, especialmente cuando empleen gases (anhídrido carbónico, nitrógeno, etc.), debe estar claramente establecido un procedimiento que garantice que los trabajadores abandonen la zona de peligro tan pronto suene la alarma. Asimismo, estas instalaciones deben ser revisadas y controladas periódicamente por técnicos especialistas.

*Prevención de incendios*

Son medidas básicas de prevención contra incendios la prohibición de fumar, el uso o existencia de llamas desnudas y la prohibición de empleo de equipos eléctricos (lámparas, herramientas, etc.) y de vehículos inadecuados. Por otro lado, no deben realizarse trabajos que produzcan chispas o que generen calor (esmerilado, soldadura, etc.), sin que antes del trabajo se haya

obtenido del personal responsable del almacén y/o del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales una autorización especial, mediante procedimiento escrito (Permiso de Trabajo), en el que se especificarán todas las medidas de seguridad precisas para la realización de los mismos.

Igual que en otras actividades químicas, los riesgos del almacenamiento de productos químicos se derivan tanto de las características de los propios productos como de las condiciones propias del almacenamiento. Una enumeración de los riesgos y sus posibles consecuencias se presenta en la figura 12.

El grado de riesgo potencial de un determinado almacenamiento vendrá dado, básicamente, por las características de peligrosidad del producto o productos almacenados, su cantidad y disposición del almacén, el mantenimiento de las condiciones de seguridad y el comportamiento de los trabajadores.

#### *Características de peligrosidad a considerar en los almacenamientos*

Además de las características intrínsecas de peligrosidad de los productos químicos ya descritas (explosividad, inflamabilidad, toxicidad, corrosividad, etc.), de cada producto debe tenerse presente también sus características físico-químicas y las condiciones de almacenamiento.

#### *Condiciones de almacenamiento*

Son un factor de riesgo importante y están en relación muy estrecha con las características de los productos, ya que por sí mismas pueden imponer ciertas condiciones de seguridad como: la limitación de las cantidades, la compartimentación, la separación por distancia o la segregación de productos incompatibles.

Un análisis de las estadísticas de accidentes ocurridos en almacenamientos de similares características puede confirmar el criterio generalizado de que el almacenamiento no es una fuente originaria de accidentes por él mismo, pero, cuando aquellos se producen, normalmente por proximidad pueden tener una especial gravedad, lo que les hace objeto de unas estrictas medidas de seguridad, tanto mayores cuanto más elevadas sean las cantidades y la peligrosidad de los productos almacenados. En un porcentaje mayoritario de accidentes catastróficos de origen químico sucedidos en el mundo han estado implicados tanques de almacenamiento. Los accidentes más graves son los debidos

#### **Riesgos de los almacenamientos**

PARA EL ADECUADO ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PEGROSOS DEBEN CONOCERSE LAS CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE CADA PRODUCTO, REACTIVIDAD E INCOMPATIBILIDADES

#### **Gestión de los riesgos de almacenamiento**

<b>LOS RIESGOS DEL ALMACENAMIENTO Y SUS CONSECUENCIAS</b>	
<p>Los riesgos potenciales que pueden darse son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosión: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Química</li> <li>- Física o estallido por exceso de presión</li> <li>- BLEVE</li> </ul> </li> <li>• Incendio</li> <li>• Liberación de gases y vapores tóxicos</li> <li>• Derrames de producto</li> <li>• Reacciones violentas</li> </ul>	<p>a fugas de productos tóxicos, incendios y explosiones.</p>
<p>Las consecuencias de estos riesgos pueden traducirse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños personales</li> <li>• Intoxicaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por inhalación</li> <li>- Por ingestión</li> <li>- Por contacto</li> </ul> </li> <li>• Asfixia y sofocación</li> <li>• Quemaduras: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por incendio</li> <li>- Por contacto con los productos</li> </ul> </li> <li>• Traumatismos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Explosión</li> <li>- Deslizamientos y caídas por derrames</li> </ul> </li> <li>• Daños materiales a las instalaciones y productos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación de productos</li> <li>- Corrosión</li> <li>- Reacciones incontroladas</li> <li>- Reacciones violentas</li> <li>- Derrames.</li> </ul> </li> <li>• Contaminación ambiental: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuga de gases y vapores</li> <li>- Derrames líquidos y sólidos</li> <li>- Humos tóxicos por incendio</li> <li>- Agua de extinción de incendios</li> </ul> </li> </ul>	<p>Una vez conocidos el riesgo y los factores de peligro de los almacenamientos, se plantean las acciones a realizar para que sean seguros. Ello se consigue planificando la seguridad como un conjunto integral de medidas. En general hay que considerar cinco aspectos principales:</p> <p><i>La seguridad en el diseño y proyecto del almacenamiento</i>, que nos debe garantizar la infraestructura más adecuada para disminuir el riesgo de las instalaciones, materiales y procedimientos operativos desde el principio. Este aspecto se comenta detalladamente más adelante.</p> <p><i>La prevención activa</i> de los accidentes potenciales, es decir, la existencia de atención continua hacia las causas de fugas, derrames, incendios y otros incidentes no deseados, por medio del control de los productos, con el empleo de sistemas de detección adecuados y fiables, el continuado control de las condiciones de almacenamiento, carga y descarga, el control de los focos de ignición y el mantenimiento preventivo de las instalaciones.</p> <p><i>La detección de fugas</i>, derrames e incendios en sus inicios.</p> <p><i>La adopción de las medidas de protección</i> suficientes para controlar cualquier situación de peligro.</p> <p><i>Un plan de emergencia</i>, que permita la aplicación eficaz de los medios disponibles, la evacuación de la zona afectada y la ayuda exterior cuando sea necesaria, para evitar daños a la población y la contaminación del ecosistema.</p>

Figura 12.

### Seguridad en el proyecto

Tiene como objeto proporcionar la infraestructura más adecuada para eliminar los riesgos en su origen, así como la selección de las instalaciones más seguras mediante la ubicación más adecuada de las mismas, la distribución racional de la planta y el diseño, distribución interna y la construcción de los edificios e instalaciones, así como los materiales más idóneos para las mismas.

*Ubicación de las instalaciones*

Las instalaciones deben ser de fácil acceso, tanto para los medios de transporte normales como para los servicios de emergencia, y hallarse distantes de los cursos de agua sensibles a la contaminación y de la población en general. Su construcción debe tener lugar sobre un terreno cuya naturaleza sea apropiada a las cargas que se deben soportar, considerando, además, los posibles riesgos naturales (inundaciones, movimientos sísmicos, etc.) y la disponibilidad de los servicios necesarios.

*Distribución de la planta*

En la distribución de la planta debe tenerse en cuenta la protección exterior contra intrusos y el acceso de personal no autorizado, la existencia de red general de drenajes, la adecuada segregación de los edificios, la de los recipientes en cubetos de retención, de acuerdo con la diferente peligrosidad de su contenido y, finalmente, la separación de los productos incompatibles.

*Diseño, distribución interna y construcción de los edificios e instalaciones*

La distribución debe hacerse de acuerdo con la naturaleza de los productos almacenados, disponiendo vías de acceso adecuadas en número y anchura, para los equipos de emergencia y extinción, tanto alrededor de los edificios como de los almacenes exteriores. Las vías de evacuación internas deben ser suficientes en número y dimensiones; en general y como mínimo existirán dos salidas alternativas opuestas.

Los edificios deben compartmentarse para limitar la propagación de un incendio y reducir los efectos de una fuga o derrame. Su distribución debe obedecer a las necesidades de segregación de los productos, por distancia o compartimentación, sectorizando las áreas de almacenamiento según las incompatibilidades y cantidades máximas permitidas. Debe prestarse especial atención a la disposición de puertas cortafuegos en los muros de compartimentación, tanto interiores como exteriores, que deben ser de funcionamiento automático o cierre por gravedad.

Los materiales de construcción para las estructuras, cubiertas, cerramientos exteriores, divisiones interiores y suelos deben seleccionarse adecuadamente. El suelo será impermeable y resistente a los efectos de los productos químicos y de fácil limpieza, disponiendo de drenajes de líquidos al lugar donde puedan tratarse adecuadamente los vertidos, antes de su entrada en la red de alcantarillado público.

La instalación eléctrica debe ser adecuada al riesgo de incendio o explosión de acuerdo con la MIBT-029 del REBT y la Norma UNE-EN 60079-10 para la clasificación de emplazamientos

con riesgo de incendio y explosión debido a la presencia de gases, vapores y nieblas inflamables.

En la construcción y diseño de los recipientes fijos de almacenamiento deben tenerse en cuenta códigos de reconocida solvencia (API Standard 620, apéndice R, BS 4741, etc.). El material de construcción de recipientes, conductos y válvulas debe ser compatible con el producto contenido que circule por ellos y las prestaciones serán suficientes, tanto en condiciones normales como de emergencia, teniendo en cuenta las posibles sobrepresiones impuestas por las características de cada producto.

El número de conexiones de conductos por debajo del nivel máximo de líquido debe estar limitado al mínimo posible. Las tuberías de purga y toma de muestras deben tener el mínimo diámetro aconsejable y estar protegidas contra daños exteriores, tales como choque de vehículos y del retorno de fluidos provenientes de instalaciones asociadas a las mismas.

Finalmente, los cubetos deben diseñarse teniendo en cuenta las distintas clases de productos y las distancias de separación de los recipientes según las cantidades convenidas. Los cubetos de retención, en cuyo interior no deben existir equipos de bombeo u otros que puedan ser un factor de riesgo, deben disponer de la capacidad de retención de producto según indique la normativa que les sea de aplicación.

---

#### Medidas de protección

El planteamiento integral de la seguridad, sin perder de vista el objetivo básico de la eliminación del riesgo hasta donde sea posible y el control de las causas de incidentes y accidentes, tiene que ser realista, por ello y dado que no podemos garantizar en todo momento que el grado de seguridad sea del 100%, deben disponerse los medios de protección adecuados para la prevención y el control de los accidentes, de forma que se limiten al máximo las pérdidas humanas y materiales que puedan producirse (figura 13).

Algunas de las medidas forman parte de los sistemas constructivos básicos de la instalación, tales como cubetos de retención, drenajes, balsas o instalaciones de tratamiento para derrames.

Otras medidas las constituyen los equipos que, de forma automática o por accionamiento manual, se accionan para mantener las condiciones óptimas de funcionamiento de la instalación o al producirse un accidente o una situación de emergencia, tales como instalaciones de ventilación localizada para la captación de fugas de sustancias tóxicas en el interior de locales, inundación de locales o recipientes con espuma, agua pulverizada o vapor, para la dilución o el control de nubes tóxicas, materiales

<b>SISTEMAS Y MEDIOS DE PROTECCIÓN EN ALMACENAMIENTOS</b>	
<b>Situación emergencia</b>	<b>Sistemas y medios de protección</b>
FUGA DE GAS	Recipientes vacíos de reserva para traspaso.
	Cortinas de agua y de vapor para dilución o control de dirección de la fuga.
DERRAMES	Cubetas de retención.
	Válvulas de cierre accionadas a distancia.
	Recubrimiento con espuma.
	Traspaso a otros recipientes.
	Inundación de recintos con gas inerte.
	Ventilación de espacios confinados.
INCENDIOS	Sistema de espuma.
	Sistema de agua pulverizadas.
	Rociadores automáticos de agua y espuma.
	Inyección de espuma.
	Monitores y cañones de agua y espuma.
	Sistemas de extinción distintos del agua <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polvo químico</li> <li>• Anhídrido carbónico</li> <li>• Halones</li> <li>• Agentes especiales</li> </ul>

Figura 13.

absorbentes, existencia de recipientes de emergencia fijos y/o móviles para el traspaso, etc. Como ya se ha comentado, en las áreas de almacenamiento de sustancias peligrosas, especialmente corrosivas, existirán lavaojos y duchas de emergencia.

## OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA

Las instalaciones de carga y descarga deben ser adecuadas para que las operaciones se realicen en las condiciones de seguridad necesarias para las personas, los vehículos, las instalaciones y los propios productos. Su tipo y características estarán en función de las propiedades fisicoquímicas de los productos a cargar o descargar y los riesgos que conllevan.

LAS INSTALACIONES DE CARGA Y DESCARGA DEBEN DISPONER DE TODOS LOS ELEMENTOS ADECUADOS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE ESTAS OPERACIONES BASÁNDOSE EN LAS CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS MANIPULADOS

tualidad en su versión de 2005, y en el vigente RD 551/2006 sobre Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera en Territorio Español.

#### **Normas a seguir para la carga y descarga**

Las instalaciones, en base a lo dispuesto en el Capítulo V del RD 551/2006 ya reseñado, deben disponer de un dispositivo de control de la cantidad máxima admisible para respetar el grado de llenado de la unidad de transporte. El dispositivo de control debe estar equipado con un sistema de alarma de tipo óptico y/o acústico que garantice durante la carga las condiciones de seguridad.

Cuando deba procederse a la adecuación previa del recipiente que se tiene que llenar mediante limpieza interior y exterior e inertización cuando sea necesario, la instalación estará dotada de los equipos, dispositivos y/o productos para ello. Asimismo, las instalaciones de carga/descarga deben disponer de áreas apropiadas para el desarrollo de la actividad y para el estacionamiento de los vehículos en proceso de carga/descarga o pendientes de las mismas. La limpieza del interior de cisternas debería realizarse desde el exterior.

Existirán en la instalación junto al cargadero las correspondientes normas específicas de procedimiento para la carga/descarga de cada uno de los productos que pueden manipularse en la instalación, en dichos procedimientos se consignarán, además de los procesos de carga/descarga, los grados de llenado de los diferentes productos, sus características, los equipos a utilizar, las normas de actuación en caso de emergencia, etc. y cuantas indicaciones se juzgue sean oportunas para garantizar la seguridad de las personas, los bienes y el medioambiente.

Dentro del proceso de carga/descarga realizado en una instalación habilitada para las mismas y contenida dentro de la norma específica se inscribirán una serie de instrucciones específicas a seguir para realizar de forma segura las operaciones de carga y descarga cuyo contenido resumiremos a continuación.

*Operaciones antes de la carga*

El personal que realice las operaciones de carga/descarga debe ser personal especializado, entrenado en el uso de los equipos de protección personal necesarios, con experiencia en la instalación; debe conocer las características de peligrosidad de los productos, los sistemas de seguridad y emergencia de que está dotada la instalación, los sistemas de protección contra incendios, el plan de emergencia de la planta y/o de la instalación de carga/descarga. Así mismo debe estar entrenado para poder detectar fugas, derrames y condiciones anómalas de los vehículos o del personal de los mismos que puedan llegar a comprometer la seguridad del personal de carga/descarga y/o de otras personas o instalaciones.

Por lo que se refiere al vehículo, debe calzarse para evitar movimientos durante la carga/descarga y debe comprobarse que todas las válvulas de vaciado estén cerradas, incluyendo la retirada previa de tapones o bridas ciegas colocadas después de la válvula de vaciado. Asimismo, debe comprobarse que todas las tapas de las bocas de carga tienen el sistema de estanqueidad y cierre en buenas condiciones, que la cisterna está limpia y cuál ha sido el último producto contenido anteriormente. El sistema de control de peso o volumen de la instalación debe permitir controlar que la carga máxima admisible no se supere.

No se procederá a la carga/descarga de un vehículo que presente anomalías (fugas, derrames, equipos deficientes que pueden provocar riesgos al personal, etc.); en estos casos se comunicará inmediatamente con la dirección del cargadero para que determine las actuaciones a tomar.

No se aceptará la descarga de vehículos que presente deficiencias de tipo documental (del conductor, del vehículo o de la carga) que puedan llegar a comprometer la seguridad de las personas y/o bienes de la instalación de descarga.

*Durante la carga*

Durante la carga no se colocarán los tapones o bridas ciegas situados detrás de las válvulas de vaciado. Al iniciarla, y a intervalos regulares según convenga, debe comprobarse la hermeticidad de válvulas y brazos de carga, evitándose que se produzcan tensiones en las conexiones de llenado o desgase por el movimiento del vehículo al aumentar de peso con el llenado. No solamente debe asegurarse que no se producirán desbordamientos, sino que se comprobará que no se rebasa la carga máxima admisible para el recipiente y/o vehículo y se evitará superar el grado de llenado correspondiente. Para todo ello, la cualificación de las personas que efectúan la carga debe ser la adecuada en lo que se refiere a formación e instrucciones.

*Al terminar la carga*

Al terminar la carga, se colocarán los tapones o bridas ciegas detrás de las válvulas, se cerrarán las bocas de carga, asegurando el cierre y la estanqueidad, se limpiarán los derrames y salpicaduras que se hayan producido y se comprobará la carga máxima admisible mediante control de la cantidad cargada por diferencia. No se admitirá la salida del cargadero de vehículos que presenten sobrecarga, fugas o derrames de producto.

**Sistemas de control de carga**

Para el adecuado control de la carga del vehículo existen diferentes sistemas que se resumen a continuación. Disponer de los equipos necesarios y realizar las operaciones de la manera programada es imprescindible para lograr un buen nivel de seguridad en estas operaciones.

*Control de carga mediante vehículo situado sobre báscula*

Se consigue por diferencia de peso del vehículo antes de cargar. Puede ser de forma directa, aguja dial, digital, etc., o predeterminando el peso a cargar y parada automática del flujo al alcanzarse el peso predeterminado. La báscula debe estar comprobada y contrastada fiablemente (por la Administración o una Entidad Colaboradora). Debe tenerse en cuenta el posible error de la báscula y el peso específico o densidad del producto.

*Control de la carga mediante pesada del tanque situado sobre báscula*

Es el sistema menos seguro, pero debe considerarse su aplicación.

*Control de la carga mediante contador volumétrico de caudal*

Se basa en un contador volumétrico de caudal. Se controla por la lectura del contador que puede ser directa o predeterminada con parada automática del flujo de producto. La densidad del líquido no debe presentar variaciones importantes.

*Control de carga por indicador de nivel de llenado por regla graduada*

Para la aplicación de este sistema la cisterna debe estar provista de los siguientes elementos: *tabla de calibración* contrastada para los productos que esté autorizado a cargar el vehículo; *varilla milimetrada* y contrastada; *tubo guía* para la varilla, fijado a la pared del depósito y de 40 cm de longitud como mínimo. Es necesario que el vehículo esté estacionado sobre una superficie horizontal. Al tratarse de una medida volumétrica, también deben considerarse las variaciones de densidad.

*Control de carga por indicador de nivel de vacío por cruceta*

Es una variación del sistema anterior, en el que se mide el

volumen disponible del depósito cargado. El vehículo ha de encontrarse estacionado en una superficie horizontal y la cisterna debe poseer los siguientes elementos: una *tabla de calibración* que exprese la altura del producto mediante el espacio disponible de los depósitos cargados; *cruceta de medición contrastada*; *apoyos* en la parte superior de cada depósito para apoyar los brazos horizontales de la cruceta.

#### *Control de carga por indicador de nivel de llenado máximo*

El nivel máximo alcanzado por el líquido actúa sobre un indicador de nivel, solidario o no, al conducto de carga, deteniendo de forma automática el flujo de producto por cierre de válvulas o compuertas de alimentación. Este sistema controla el volumen de llenado mediante la referencia constante de su nivel máximo respecto a otro nivel fijo que puede ser la brida de la boca de carga.

#### *Control de carga por indicador de nivel en el depósito de almacenamiento*

Sólo debe emplearse en el caso de que el depósito sea específico para este uso y esté convenientemente contrastado, tenga un indicador de nivel fiable y durante la operación de llenado no haya retorno de líquido al depósito de almacenamiento.

## MANTENIMIENTO

Aunque el mantenimiento es imprescindible para conservar la integridad y las condiciones seguras de funcionamiento de la instalación, las actividades de mantenimiento son una fuente de peligros para las personas que intervienen en las mismas ya que habitualmente suponen alguna anormalidad asociada a un incremento de sus peligros, por lo que es necesario su cuidadoso control. También hay que tener en cuenta que algunos trabajos constituyen una modificación de la instalación además del propio mantenimiento. Por ello, ninguna intervención de mantenimiento que suponga cambio alguno en las condiciones de la instalación será realizada sin un análisis previo y la correspondiente autorización.

La primera instrucción es la *IDENTIFICACIÓN*. Muchos accidentes ocurren en instalaciones de proceso debido a errores en la identificación de los equipos en los que ha de realizarse el trabajo, por lo que siempre debe existir previamente a la ejecución de los trabajos un procedimiento para comprobar que las operaciones a realizar son las previstas, los equipos de trabajo

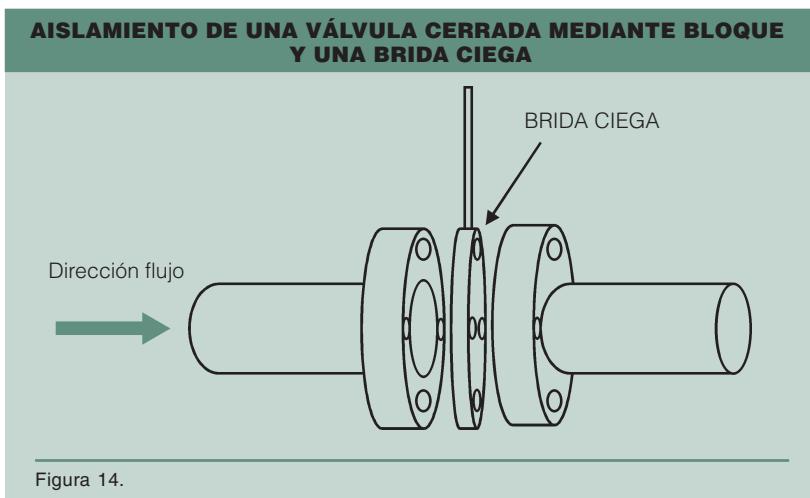
**Preparación para el mantenimiento**

a emplear son los adecuados, que la instalación que se va a revisar es segura y que el personal de la instalación y el de mantenimiento conocen cuándo y cómo se va a proceder a la misma.

La señalización de los trabajos que se van a realizar no asegura plenamente la seguridad de los operadores, aunque incluya un proceso de señalización de las operaciones, del personal de la zona y de las instalaciones, dado que pueden existir errores en la interpretación de la señalización, confusión en fechas de ejecución, etc.; por ello estas precauciones deben complementarse con el enclavamiento mecánico de los equipos portadores de energía y de productos. Este proceso de identificación y señalización debe estar reflejado en el correspondiente *PERMISO DE TRABAJO*.

Si el equipo o instalación no está convenientemente aislado, constituye una fuente inesperada de peligro. Es esencial que exista un *AISLAMIENTO POSITIVO* con enclavamiento mecánico de los equipos respecto a los productos que se procesan o circulan por los equipos a intervenir y de las partes móviles de equipos y máquinas.

Como ejemplo demostrativo podemos citar el siguiente: el aislamiento de un equipo que contiene un fluido por el cierre de su válvula de paso no constituye un método plenamente efectivo, ya que la válvula puede ser abierta por error, estar atasada o su cierre puede estar roto, deformado o inoperante, con la consiguiente circulación de fluido. La figura 14 nos muestra el aislamiento de una válvula cerrada mediante bloqueo y una brida ciega. Esta brida móvil debe insertarse solamente después de que la válvula ha sido cerrada y bloqueada.



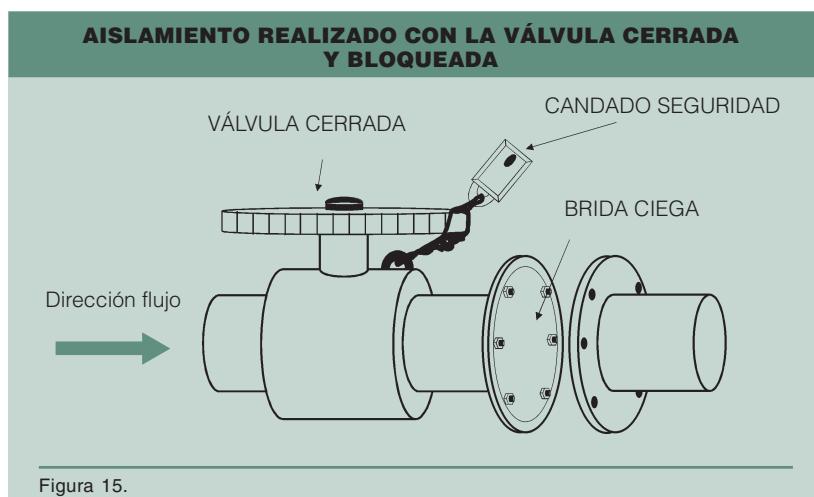


Figura 15.

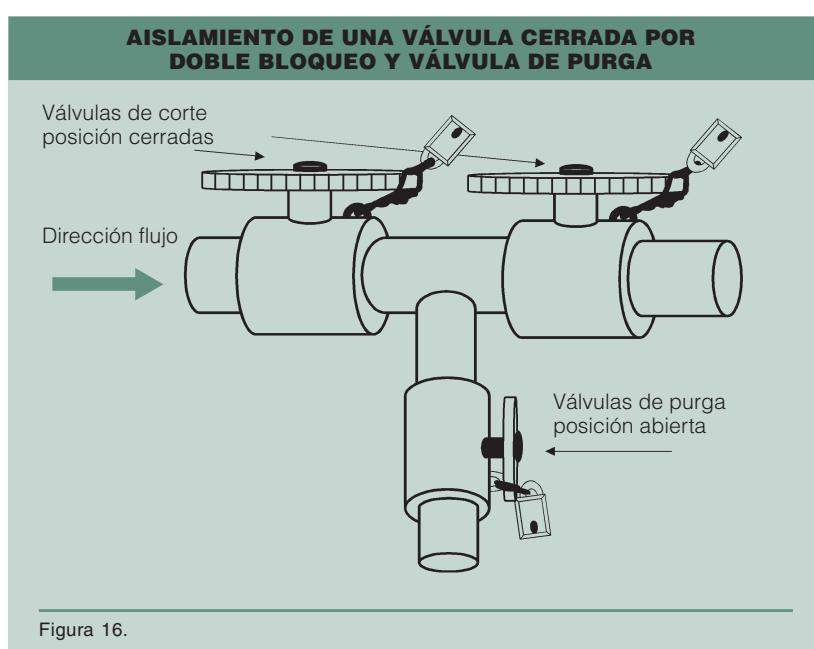


Figura 16.

La figura 15 muestra el aislamiento realizado con la válvula cerrada y bloqueada, para lo que se desmonta el conducto y se coloca una brida ciega, mientras que la figura 16 muestra otro sistema por doble bloqueo y válvula de purga. Las dos válvulas bloqueadas están cerradas, la válvula de purga está abierta y las tres están bloqueadas a su vez. Si el fluido pasara a través de la primera válvula bloqueada, evacuaría por la válvula de purga.

En los tres casos deben colocarse carteles en las válvulas prohibiendo su apertura o cierre, dependiendo de cada caso, con

LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y PROCESOS EN LOS QUE INTERVENGAN PRODUCTOS QUÍMICOS DEBEN CONSIDERARSE COMO OPERACIONES DE RIESGO PARA LAS PERSONAS Y BIENES Y PERJUDICIALES PARA EL MEDIO AMBIENTE, Y, POR TANTO, SUJETAS A AUTORIZACIÓN PREVIA

correspondientes en los interruptores de arranque prohibiendo su puesta en marcha.

Después de que la instalación haya sido aislada y antes de iniciar los trabajos debe ventearse la misma para eliminar la presión residual del fluido contenido, si existiera, evacuando los líquidos, gases o vapores y en caso necesario limpiando o purgando el interior con agua o vapor. Los venteos se realizarán al exterior de la zona de trabajo, a un lugar seguro y a través de salidas adecuadas, a la atmósfera (si está permitido) o preferiblemente a un equipo de absorción de gases y/o vapores, según la toxicidad o corrosividad de la emisión. Los líquidos se evacuarán a un contenedor o recipiente, para su gasificado si procede, y su paso al equipo de absorción o directamente al sistema de alcantarillado de residuos químicos para su tratamiento en la balsa de aguas químicas, como medida previa a su posible vertido en la red de alcantarillado, si la naturaleza del producto lo permite. Las limpiezas/purgados se harán, en su caso, mediante aire, gas inerte, agua, vapor o reactivos específicos.

### Control de mantenimiento

El mejor procedimiento para el control de las operaciones de mantenimiento es el establecimiento de autorizaciones previas a su realización, aspecto ya citado en el capítulo correspondiente a la organización de la prevención frente al riesgo químico. Los objetivos del sistema de permisos son el control de las actividades, especificando el trabajo concreto a realizar, su metódica de actuación, la definición de las personas responsables del mismo, los sistemas de eliminación y/o la protección adecuada de los peligros, y asegurar una serie de inspecciones adecuadas antes, durante y después de la realización de los trabajos.

#### *Tipos de permisos*

Pueden clasificarse según la operación a realizar, el equipo en que se trabajará, el área donde se efectuará el trabajo, los riesgos especiales que estarán involucrados, el equipo que se usará, etc. Ejemplos de permisos asociados al trabajo a realizar son

los siguientes: rotura de líneas, entrada en recipientes, trabajos en caliente, eliminación de residuos, desmontaje de equipos, excavaciones, áreas clasificadas como inflamables, peligros especiales (fuego, sustancias corrosivas o tóxicas) y empleo de grúas móviles. Actualmente y dado que los Permisos de Trabajo requieren ser redactados por personal competente y especializado en la Prevención de Riesgos de proceso, disponer de un procedimiento para su implantación dentro de la empresa y que su preparación previa y ejecución requieren procedimientos claramente diferenciados entre ellos, los tipos de Permiso de Trabajo más habituales en la gran empresa son:

*Permiso de Fuego:* Para trabajos con llama o producción de chispas en áreas de productos inflamables o combustibles

*Permiso Eléctrico:* Para trabajos en áreas con elementos en tensión accesibles o con elementos accionados eléctricamente

*Permiso de Energía:* Para trabajos en áreas en las que existan elementos energizados

*Permiso General:* Para trabajos peligrosos y/o excepcionales, por ejemplo trabajos en altura

*Permiso para Trabajos en Espacios Confinados:* Para trabajos en áreas confinadas

#### *Contenido del permiso*

Un permiso típico de trabajo se muestra en la figura 17. En el mismo se especifican la instalación de la planta y el equipo en el que se debe trabajar o realizar la intervención.

El equipo puede ser identificado con una tarjeta que debe referenciarse en el permiso. La naturaleza del trabajo debe especificarse claramente, así como las precauciones que deben tomarse, tales como aislamiento de conductos, de elementos móviles de máquinas o equipos, de fuentes de energía, etc. También debe especificarse si se precisarán equipos o herramientas especiales, equipos de protección personal, detectores, etc.

El periodo de validez del permiso, generalmente asignado a un turno de trabajo, es importante y debe indicarse claramente en el documento, que debe ser firmado antes del inicio del trabajo por el emisor del permiso, por el responsable del equipo que va a realizarlo y por el personal del mismo, conforme están enterados de las características del trabajo y de las medidas de prevención y protección a emplear para su realización.

#### *Permisos de entrada en recipientes y espacios confinados*

La entrada en recipientes y espacios confinados provoca numerosos accidentes. Por ello, es conveniente establecer que nadie puede acceder a un espacio de estas características sin un

### EJEMPLO DE PERMISO DE TRABAJO

Parte de entrada N° ...../ Año .....

**1. Datos de la Instalación:**

Departamento..... Ubicación:..... Edificio/Área/Taller:.....  
Contenido:..... Proceso:.....

**2. Trabajo a realizar (describir):**  
.....

Duración estimada del trabajo:  1 turno de trabajo  Más de 1 turno de trabajo

De las ....h...min hasta las ....h...min del día ...../..../ 200....

**3. ¿El trabajo podría afectar a otros trabajos de la proximidad?  No  Sí (describir)**  
.....

**4. Riesgos y su control**

	No	Sí	
Fuentes de energía activas:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de aislamiento: .....
Equipos en movimiento:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Canalizaciones de gases:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Canalizaciones de líquidos:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Canalizaciones de vapor:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Atmósfera sub oxigenada:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de control: .....
Atmósferas sobre oxigenadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Atmósferas tóxicas:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Possible generación de humos, nieblas, gases o vapores durante el trabajo:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Medidas tomadas: .....
Atmósferas corrosivas:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Atmósferas inflamables:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de bloqueo: .....
Possible Incendio / Explosión:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistemas de prevención: .....
Afecta el trabajo en el EC al Medio Ambiente:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Medidas adoptadas: .....
Otros riesgos (indicar):.....			Medidas adoptadas: .....

**5. Control de la atmósfera**

Datos	Inicial	Cambio Turno	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5	M - 6	M - 7	M - 8
Hora / min.										
% de Oxígeno										
% LII de Gas / vapor:										
1º.....										
2º.....										
3º.....										
Nivel VLA en ppm Gases tóxicos / corrosivos										
1º.....										
2º.....										
3º.....										
4º.....										
Firma controlado										

Se precisa medición en continuo:  No  Sí De (especificar): .....

Observaciones especiales al control de atmósferas: .....

continúa en la página siguiente

**6.- Equipos y protecciones individuales requeridos (marcar las necesidades):**

Analizador de oxígeno <input type="checkbox"/>	Nº.....	Última revisión célula ...../...../200....	
Analizador de gases <input type="checkbox"/>			
Gas.....	Nº.....	Última revisión célula ...../...../200....	
Gas.....	Nº.....	Última revisión célula ...../...../200....	
Explosímetro <input type="checkbox"/>	Calibrado para .....	Última revisión ...../...../200..	
Arnés seguridad <input type="checkbox"/>	Cuerda 1,5 m <input type="checkbox"/>	Cuerda rescate(20 m) <input type="checkbox"/>	Mosquetón descenso <input type="checkbox"/>
Bridas ciegas <input type="checkbox"/>	Tapones cierre <input type="checkbox"/>	Válvulas corte <input type="checkbox"/>	Derivaciones <input type="checkbox"/>
Auriculares ruido <input type="checkbox"/> tipo.....	Casco <input type="checkbox"/> tipo.....	Delantal <input type="checkbox"/> tipo.....	
Gafas <input type="checkbox"/> tipo.....	Guantes <input type="checkbox"/> tipo .....	Escalera de mano <input type="checkbox"/> tipo .....	
Equipo respiratorio <input type="checkbox"/> tipo.....	Extintores: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Nº previsto.....	Clase de fuego:.....	
Verificado estado <input type="checkbox"/>	Herramientas manuales <input type="checkbox"/> tipo.....		
Herramientas eléctricas <input type="checkbox"/> tipo.....	Intercomunicadores <input type="checkbox"/> Nº previsto .....		
Verificados <input type="checkbox"/>	Luces <input type="checkbox"/> tipo.....	Botas <input type="checkbox"/> tipo.....	
Mascarillas emergencia: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Filtro tipo .....	Nº previsto .....	
Pantalla facial <input type="checkbox"/> tipo.....	Ropa de trabajo <input type="checkbox"/> tipo.....		
Otros (especificar): .....			

**7.-Autorización y transferencia del Permiso de Trabajo:**

Autorización de Trabajo del emisor del permiso de trabajo (**EPT**) al receptor del permiso de trabajo (**RPT**)

EL EPT Certifica que ha INFORMADO A D/D<sup>a</sup> .....(RPT) de las condiciones del trabajo y HA REVISADO el estado del mismo y del equipo necesario. A la hora: .....h ..... min.

Firma: .....

EL RPT D/D<sup>a</sup> ..... Certifico que he sido informado y he comprendido las condiciones del trabajo, los riesgos del mismo, he aplicado las instrucciones de este parte y he informado a los operarios a mi cargo del mismo. A la hora: .....h ..... min.

Firma: .....

Transferencia de las Responsabilidades del Trabajo entre el 1º receptor del permiso de trabajo (**RPT**) y el 2º receptor del permiso de trabajo (**RPT1**) como Responsable del mismo en el siguiente turno:

RPT Certifico que he informado de las condiciones del trabajo y del estado del mismo a D<sup>a</sup> .....(RPT1) a la hora: .....h ..... min.

Firma: .....

RPE 1 - Nombre: .....Certifico que sido informado, he revisado y he comprendido las condiciones del trabajo y el estado del mismo y he informado al personal a mi cargo. A la hora: .....h ..... min.

Firma: .....

**8.- Finalización del trabajo y cierre del Permiso de Entrada****8.1 Trabajo NO FINALIZADO**

D/D<sup>a</sup> ..... como RPT certifica que el trabajo NO se ha terminado y el área se ha dejado cerrada, con las fuentes de energía bloqueadas y con la señalización adecuada a las ..... h ..... min. del día ..... / ..... / 200..

Firma: .....

D/D<sup>a</sup> ..... como EPT certifica que ha revisado la zona, su estado, condiciones de seguridad y acondicionamiento, y corresponden al informe del RPT actuante.

Dado a las ..... h ..... min. del día ...../...../200....

Firma: .....

**8.2 Trabajo FINALIZADO**

D/D<sup>a</sup>....., como RPT actuante certifica que el trabajo se ha FINALIZADO y los equipos se han dejado en estado de servicio, se han retirado los residuos y el área se ha dejado Segura y Operativa a las ... h ... min. del día ... / ...../ 200...

Firma: .....

D/D<sup>a</sup>....., como RPT, certifica que ha revisado la zona, su estado, condiciones de seguridad y acondicionamiento, y corresponde al informe del RPT Actuante.  
QUEDANDO EL SISTEMA OPERATIVO. Dado a las ... h ... min. del día .../...../200..

Firma:.....

**9. Anulación de entrada y retirada del permiso**

D/D<sup>a</sup> ..... Como (cargo).....  
Declaro QUE SE ANULA EL PERMISO DE TRABAJO y SE RETIRA EL PERSONAL DEL MISMO a las ..... h .....min. del día ...../...../200..

Motivo:

Firma: .....

**10. Situación de emergencia**

DECLARADA SITUACIÓN DE EMERGENCIA a las ..... h ..... min. del día ...../...../200..

Las características del mismo están en el Parte de Emergencia nº.....

D/D<sup>a</sup> ..... Cargo .....

Firma .....

**11. Redactor (a) del Permiso (RPT):**

D/D<sup>a</sup> .....

Cargo:.....

Fecha:..../...../ 200...

Firma: .....

Figura 17.

permiso específico de trabajo, que solo se otorgará tras haber cumplimentado correctamente todas las indicaciones contenidas en el mismo. Debe contemplar, como mínimo, los puntos siguientes:

- A) Cuando el acceso sea difícil, problemático o por una boca de hombre, deberá permanecer siempre en el exterior del espacio una persona de vigilancia permanente.
- B) Mientras una persona esté dentro del espacio cerrado, los accesos y salidas del mismo no deben ser obstruidos y debe disponerse de los medios necesarios para su extracción.
- C) Los tanques o depósitos deben ser aislados mediante el uso de bridas ciegas o desmontando las tuberías o válvulas que conectan con ellos.
- D) Los equipos dotados de agitadores, calefacciones eléctricas u otros elementos eléctricos o móviles deben ponerse fuera de servicio, comprobando que el equipo está desconectado y parado, antes de permitir la entrada en el mismo. La desconexión solo por medio de interruptor no es válida. Deben

utilizarse cierres mecánicos de bloqueo con la llave de los mismos en poder del operario durante la ejecución del trabajo, se complementarán con carteles de señalización colocados en los elementos desenergizados, en las conducciones de fluidos, valvulería, etc. (a estudiar en cada caso).

E) Los equipos y recipientes que contienen o han contenido productos inflamables, combustibles, corrosivos o tóxicos, deben ser aislados, vaciados y lavados sucesivamente con agua o vapor las veces que sean necesarias para garantizar su total limpieza.

Antes de penetrar en cualquier espacio confinado, debe comprobarse que en su interior existe una atmósfera estable con un contenido de oxígeno superior al 19,5%, la no existencia de un contenido de productos tóxicos o corrosivos en cantidades peligrosas para la salud y la ausencia de atmósfera explosiva. Asimismo, debe comprobarse que se han respetado *todas* las medidas preventivas enumeradas anteriormente.

## TRANSPORTE DE MATERIAS PELIGROSAS

Los productos químicos pueden causar graves situaciones de peligro para las personas y bienes, para los animales y para el Medioambiente durante su transporte desde su lugar de producción y envasado hasta los puntos de almacenamiento y/o utilización. Por ello las diferentes modalidades de transporte están contempladas y contenidas en normativas legales, específicas para cada una de las diferentes vías que pueden emplearse, cuyo fin es la prevención de accidentes e incidentes durante estas operaciones.

### Normativas de transporte

Para la ordenación de los transportes de Materias Peligrosas y teniendo presente que éstos pueden realizarse por los medios de tierra (por carretera o ferrocarril), mar (por vía marítima o fluvial) o aire, los Comités Internacionales de expertos de las Naciones Unidas han establecido una clasificación de las materias peligrosas por familias de productos (familias de reactividad) que es común a todas las modalidades de transporte y que permite su identificación, a efectos de su agrupación en las unidades de transporte y la aplicación de medidas preventivas que sean necesarias, facilita la utilización de los transportes intermodales (empleo de diferentes medios y vías de transporte durante una misma operación de transporte) y la aplicación de medidas preventivas y de emergencia.

Los tipos de peligro se dividen en trece clases principales que agrupan a los productos químicos basándose en su reactividad. La mayoría de estas clases se subdividen en divisiones y

<b>CLASIFICACIÓN DE MATERIAS PARA EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS</b>	
<b>Clase</b>	<b>Tipo de materias</b>
1	Explosivos
2	Gases comprimidos, licuados y disueltos a presión
3	Líquidos Inflamables
4.1	Sólidos Inflamables
4.2	Sustancias espontáneamente combustibles
4.3	Sustancias que desprenden gases inflamables en contacto con el agua
5.1	Comburentes
5.2	Peróxidos Orgánicos
6.1	Sustancias Tóxicas
6.2	Sustancias Infecciosas
7	Productos Radioactivos
8	Sustancias Corrosivas
9	Productos peligrosos varios, no clasificados en otras clases

Figura 18.

subdivisiones de peligro dependiendo de los criterios empleados. En la figura 18 se muestra una relación de estas clases de peligro.

A pesar de la coincidencia en la clasificación de las sustancias/productos, las condiciones específicas que precisan cada uno de los distintos medios de transporte comporta que entre los mismos existan notables diferencias de aplicación en especial en: las operaciones de carga/descarga, el tipo de vehículos, las condiciones de transporte, las documentaciones requeridas, etc.

Para el transporte de Mercancías Peligrosas, existen las reglamentaciones de ámbito internacional, europeo y nacional siguientes:

**IMCO/IMDG:** Regula el transporte internacional por vía marítima

**OACI/IATA:** Regula el transporte internacional por vía aérea

**ADR:** Regula el transporte internacional europeo por vía terrestre por carretera

**RID:** Regula el transporte internacional europeo por vía terrestre por ferrocarril

**ADN:** Regula el transporte internacional europeo por vía navegable interior

**TPC - RD 551/2006:** Regula el transporte en territorio español por carretera

Dada la extensión de la normativa existente y teniendo presente que la mayor parte de los transportes de mercancías peligrosas (productos químicos) entre Países Comunitarios se realiza por vía terrestre y dentro del mismo por carretera, efectuaremos una somera descripción de las prescripciones más notables que deben cumplir estos transportes sujetos al Transporte Internacional Europeo de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR versión actual de 2005) y su complementario en España, el RD 551/2006 sobre Transporte de Mercancías Peligrosas por carretera en Territorio Español, que sustituye al derogado RD 2115/1998 sobre Transporte de mercancías Peligrosas por carretera.

REGLAMENTOS INTERNACIONALES,  
EUROPEOS Y NACIONALES REGULAN EL  
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS  
PELIGROSAS POR LAS DIFERENTES VÍAS

## TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA

Los datos que se aportan corresponden a la versión del ADR publicada en 2005 y actualmente en vigor, del que se aportan transcripciones de algunas partes relevantes de su contenido, de la forma más precisa posible.

El transporte seguro de productos químicos es una responsabilidad: del *fabricante* del envase/embalaje y de sus colaboradores, respecto a la fabricación de equipos adecuados para los diferentes productos a contener; del *expedidor* (generalmente fabricante o, en su caso, distribuidor los productos), respecto a la contratación del transporte y facilitación de datos fiables al transportista respecto del producto o productos a transportar; del *cargador/descargador*, respecto a las operaciones de carga/descarga; del *transportista*, respecto a la adecuación del personal, del equipo de transporte a emplear y de la operación propia del mismo y también del *cliente* que va a recibir la mercancía. Para una efectiva seguridad en el transporte de materias peligrosas, se requiere que todas estas entidades, que están interrelacionadas entre sí, mantengan una buena y clara comunicación entre ellas, así como una consciente aceptación de sus áreas de responsabilidad frente al transporte. La definición de las funciones de cada uno de ellos está claramente descrita en el apartado de definiciones del ADR/05.

Tomaremos como punto de partida los envases/embalajes, dada su importancia para la prevención de los riesgos de las mercancías peligrosas y el hecho de que todas las mercancías peligrosas para su almacenamiento, manipulación y *transporte* deben estar siempre envasadas/embaladas en recipientes adecuados a las características físico-químicas de cada producto que vayan a contener. Los envases/embalajes deben estar certificados, diseñados, construidos y mantenidos para prevenir su deterioro y/o las posibles fugas de su contenido, cuando se les somete durante su manipulación a esfuerzos y tensiones, previstos como normales dentro de las condiciones de diseño. El envase debe ser compatible con el contenido(s) para el(los) que ha(n) sido diseñado(s) y no debe de reaccionar con el mismo.

### Envases y embalajes

Para la construcción y/o fabricación de los envases y/o embalajes se debe aplicar la Reglamentación Legal competente en la materia y, caso de no existir la misma, se utilizarán Códigos de reconocida solvencia internacional, de forma que en ambos casos quede plenamente garantizada su seguridad y fiabilidad. Si para su construcción se emplean materiales plásticos, éstos

no deben reblanecerse, degradarse, fragilizar o ser permeables a la acción química de los productos que vayan a contener.

Todos los envases deben ser certificados según las características del producto o productos a contener y estar marcados con los códigos de identificación que permitan su identificación y uso. En nuestro caso el marcado obligatorio de estos envases/embalajes podrá ser básicamente de dos tipos:

- Marcado **UN** para envases/embalajes fabricados de conformidad con las disposiciones del ADR y que han sido certificados en base a las disposiciones del mismo.
- Marcado **RID/ADR** en aquellos envases/embalajes que están autorizados para el transporte de mercancías peligrosas tanto por ferrocarril como por carretera.

Este marcado obligatorio se complementa con la indicación de las características del recipiente, materiales, tipos de cierre, fabricante, año de fabricación, modelo, etc., así como algunos datos del producto a contener, por ejemplo su densidad (si es mayor de 1,2 para los líquidos), datos que permiten la identificación del envase/embalaje y, en su caso, el proceso de reacondicionamiento, si ha lugar. Especial mención debemos hacer a las marcas grabadas que indican la clase de peligrosidad de los productos para los que está certificado, así todos ellos llevan grabada alguna de las siglas siguientes:

- X si ha superado con éxito las pruebas para grupos de embalaje I, II y III
- Y si ha superado con éxito las pruebas para grupos de embalaje II y III
- Z si ha superado con éxito las pruebas para grupos de embalaje III solamente

Los grupos de embalaje, según el ADR, corresponden a:

- Grupo de embalaje I para materias muy peligrosas
- Grupo de embalaje II para materias medianamente peligrosas
- Grupo de embalaje III para materias poco peligrosas

Esta clasificación de peligrosidad de las materias viene resumida para cada una de las materias admitidas al transporte por el ADR en su Tabla A punto 4 del Capítulo 3.2 del ADR/05.

Así mismo, para la certificación de los envases, embalajes, GRG (Grandes recipientes a granel), grandes embalajes y contenedores a granel se seguirá lo dispuesto en el Capítulo III del RD 551/2006.

Existe una gama muy amplia de envases y embalajes, por ello citaremos solo entre sus tipos más característicos los siguientes:

- *Barril o bidón a presión*: recipiente a presión transportable soldado de capacidad superior a 150 litros y menor de 1000 litros.
- *Botella*: recipiente a presión transportable de capacidad no superior a 150 litros.
- *Cisterna cerrada herméticamente*: cisterna destinada al transporte de líquidos con una presión de cálculo de al menos 4 bar o al transporte de materias sólidas.
- *Bulto*: es el producto final de la operación de embalaje preparado para su expedición, incluye también los objetos que por su tamaño o masa pueden transportarse sin embalaje o ser transportados en cestos, jaulas o en recipientes que puedan ser manipulados.
- *Cisterna desmontable*: cisterna de capacidad superior a 450 litros, distinta de las fijas, las portátiles y los contenedores cisterna y de los elementos de vehículo batería.
- *Cisterna fija*: cisterna con capacidad superior a 1000 litros fijada sobre un vehículo.
- *Cisterna portátil*: multimodal, que, cuando se utiliza para gases de la clase 2 ADR, tiene una capacidad superior a 450 litros.
- *Contenedor*: es un elemento de transporte (armazón u otro elemento análogo).
- *Contenedor de gas con elementos múltiples (CGEM)*: elemento de transporte que contiene elementos que están relacionados entre ellos por una tubería colectora.
- *Contenedor para granel*: sistema de contención para el transporte de sustancias sólidas de capacidad superior a 1 m<sup>3</sup>.
- *Gran Contenedor*: contenedor de volumen interior superior a 3 m<sup>3</sup>.
- *Gran embalaje*: embalaje exterior que contiene objetos o embalajes interiores, concebido para su manipulación mecánica, tiene un peso neto superior a 400 kg o una capacidad superior a 450 litros, pero su volumen no supera los 3 m<sup>3</sup>.
- *Gran recipiente para mercancía a granel (GRG)*: embalaje rígido o flexible con una capacidad inferior a 3 m<sup>3</sup> para materias sólidas y líquidas de los grupos de embalaje II y III, que no supera los 1,5 m<sup>3</sup> para materias sólidas del grupo I si el GRG es flexible, de plástico, cartón o madera, que no supera los 3 m<sup>3</sup> para las materias del grupo I si es metálico y que no supera los 3 m<sup>3</sup> para las radioactivas.
- *Pequeño contenedor*: contenedor con un volumen interior mínimo de 1m<sup>3</sup> y como máximo de 3 m<sup>3</sup>.

- *Tubo*: recipiente a presión transportable sin soldaduras, de una capacidad superior a 150 litros y no superior a 3000 litros.

### **Clasificación y señalización de materias**

Según el ADR, las mercancías peligrosas se clasifican en las clases de materias que se han mostrado anteriormente en la figura 18 y se señalan mediante etiquetas placa, paneles color naranja y otras señalizaciones que se comentan a continuación.

#### *Etiquetas placa*

A cada materia u objeto mencionado en la Tabla A del Capítulo 3.2, se le aplicarán las etiquetas indicadas en la columna (5) a menos que exista una disposición especial en la columna (6). En algunos casos se exige la utilización conjunta de 2 etiquetas diferentes para marcar un mismo bulto (ejemplo: además de la etiqueta para bultos clase 6.2, los bultos de materias infecciosas llevarán la correspondiente a la naturaleza del contenido).

Las etiquetas tendrán forma de cuadrado, colocado sobre un vértice y sus dimensiones mínimas serán las que se establecen en el ADR/05. Las etiquetas placa se muestran en la figura 19.

#### *Paneles color naranja*

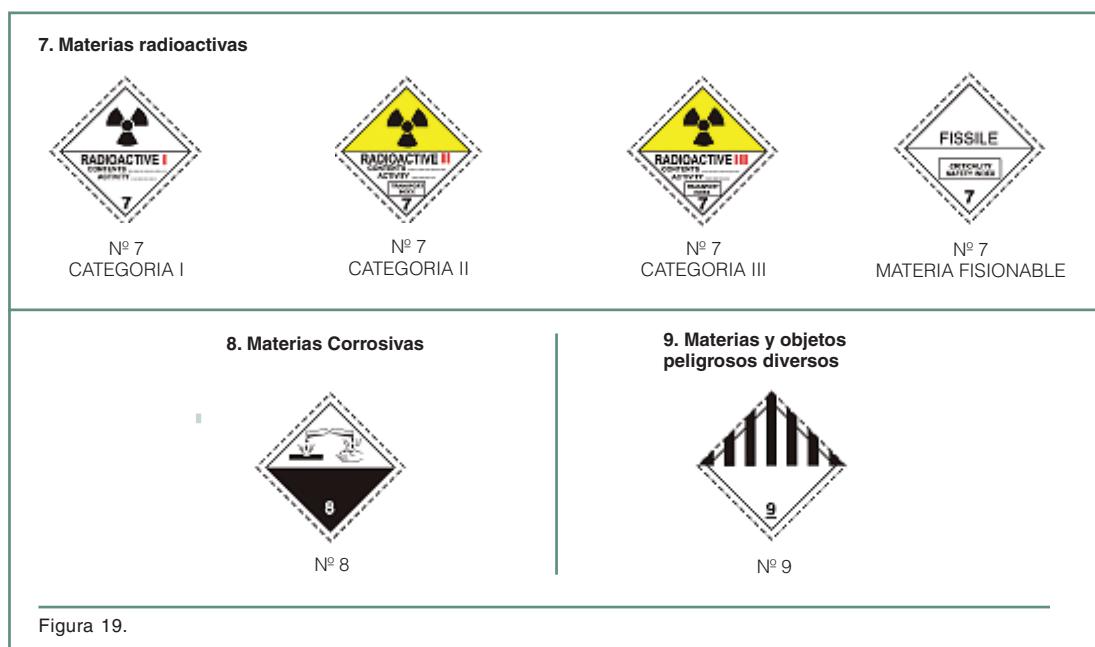
Las unidades de transporte que lleven mercancías peligrosas llevarán, dispuestos en un plano vertical, dos paneles rectangulares de color naranja retro-reflectante conforme al modelo ADR/05 (figura 20). Se fijará uno en la parte delantera de la unidad de transporte y el otro en la parte trasera, perpendicularmente al eje longitudinal de ésta. Habrán de ser bien visibles. Cuando el vehículo transporte más de un contenedor cisterna, cada uno de ellos llevará en ambos flancos el panel naranja correspondiente a la materia peligrosa transportada.

Los paneles constan de un cuartel superior, en el que se inscribirá el número de identificación de peligro y un cuartel inferior en el que se inscribirá el número ONU indicativo del producto transportado. Los números de identificación del peligro comprenden dos o tres cifras y, en general, indican los peligros siguientes:

- 2 Emanación de gases resultantes de presión o de una reacción química
- 3 Inflamabilidad de materias líquidas (vapores) y gases o materia líquida susceptible de autocalentamiento
- 4 Inflamabilidad de materia sólida o materia sólida susceptible de autocalentamiento

<b>ETIQUETAS PLACA</b>				
<b>1. Materias y objetos explosivos</b>				
Nº 1	Nº 1.4	Nº 1.5	Nº 1.6	
<b>2. Gases</b>				
Nº 2.1 GAS INFLAMABLE	Nº 2.1 GAS INFLAMABLE	Nº 2.2 GAS NO INFLAMABLE Y NO TÓXICO	Nº 2.2 GAS NO INFLAMABLE Y NO TÓXICO	Nº 2.3 GAS TÓXICO
<b>3. Líquidos Inflamables</b>				
Nº 3	Nº 3			
<b>4.1. Materias sólidas inflamables, materias auto-reactivas y materias explosivas desensibilizadas</b>	<b>4.2. Materias espontáneamente inflamables</b>	<b>4.3. Materias que, al contacto con el agua, desprenden gases inflamables</b>		
Nº 4.1	Nº 4.2	Nº 4.3		
<b>5.1. Materias Comburentes</b>	<b>5.2. Peróxidos Orgánicos</b>	<b>6.1. Materias Tóxicas</b>	<b>6.2. Materias Infecciosas</b>	
Nº 5.1	Nº 5.2	Nº 6.1	Nº 6.2	

continúa en la página siguiente



5 Comburente (favorece el incendio)

6 Toxicidad o peligro de infección

7 Radiactividad

8 Corrosividad

9 Peligro de reacción violenta espontánea

Cuando el peligro de una materia está indicado suficientemente con una sola cifra, ésta se completa con un cero y cuando el número de identificación del peligro está precedido de la letra «X», ésta indica que la materia reacciona peligrosamente con el agua.

Para cada materia debe verificarse el código de peligro que se indica en el apartado correspondiente del ADR.

#### Otras señalizaciones

A continuación se describen otras señales adicionales contempladas en el ADR:

- *Marca para las materias transportadas en caliente*, que deberá llevarse en cada lateral y en la trasera, si se trata de vehículos, y en los cuatro lados cuando se trate de contenedores, contenedores cisterna o cisternas portátiles.

#### PANELES COLOR NARANJA

- Rectángulo retroreflectante
- Dimensiones :
  - base de 40 cm y altura de 30 cm
  - ribete negro de 15 cm máximo
- Colores señalización:
  - fondo naranja
- Números identificación:
  - cuartel superior:
    - nº identificación peligro
  - cuartel inferior:
    - nº ONU de identificación de la materia

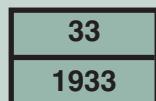


Figura 20.

- *Signo:* Una marca de forma triangular cuyos lados midan al menos 250 mm y que estará representada en rojo con un pictograma en forma de termómetro con el contenido en rojo.
- *Marca para vehículos que hayan sido sometidos a un tratamiento de fumigación,* etiqueta rectangular de 250 x 300 mm con el signo convencional (calavera sobre dos tibias) negro sobre fondo blanco, y el texto: "Peligro" "ESTE DISPOSITIVO ESTÁ EN FUMIGACIÓN CON (nombre del fumigante)....." "DESDE (fecha)..... (hora)....." "PROHIBIDO ENTRAR"

---

*Exenciones relacionadas con la naturaleza de la operación de transporte***Exenciones**

Las disposiciones del ADR no serán aplicables:

- a) A los transportes de mercancías peligrosas efectuados por particulares cuando estas mercancías estén acondicionadas para la venta al por menor y destinadas a uso personal o doméstico o a actividades de ocio o deportivas, a condición de que se tomen medidas para impedir cualquier fuga de contenido en condiciones normales de transporte.
- b) A los transportes de máquinas o de material que no estén especificados en el ADR y que incluyan de modo accesorio mercancías peligrosas en su estructura o en sus circuitos de funcionamiento.
- c) Al transporte efectuado por empresas de modo accesorio a su actividad principal, en cantidades que no sobrepasen 450 litros por envase ni las cantidades máximas totales especificadas en la sección 1.1.3.6. del ADR/05. Esta excepción no es aplicable para la clase 7.
- d) Al transporte a cargo de servicios de intervención o bajo su control, en particular, por vehículos de remolque que transporten vehículos accidentados o averiados que contengan mercancías peligrosas.
- e) A los transportes de emergencias destinados a salvar vidas humanas o a proteger el medio ambiente, a condición de que se hayan adoptado medidas de seguridad.

*Exenciones relacionadas con el transporte de gas*

Las disposiciones del ADR/05 no se aplicarán al transporte:

- a) de los gases contenidos en los depósitos de un vehículo que efectúa una operación de transporte y que están destinados a su propulsión o al funcionamiento de uno de sus equipos,
- b) de los gases contenidos en los depósitos de carburante de vehículos transportados,

- c) de los gases de los grupos A y O, si su presión en el recipiente o la cisterna, a una temperatura de 15 ° C, no excede de 200 k Pa (2 bar) y si el gas está completamente en fase gaseosa durante el transporte,
- d) de los gases contenidos en el equipo utilizado para el funcionamiento de los vehículos,
- e) de los gases contenidos en el equipo individual de los vehículos y necesarios para el funcionamiento de un equipo en concreto durante el transporte o los gases contenidos en los productos alimenticios.

*Exenciones relativas al transporte de los carburantes líquidos*

Las disposiciones del ADR/05 no se aplicarán al transporte:

- a) Del carburante contenido en los depósitos de un vehículo que efectúe una operación de transporte y que sirva para su propulsión o para el funcionamiento de alguno de sus equipos. La capacidad total de los depósitos fijos no podrá exceder de 1500 litros por unidad de transporte y la capacidad de un depósito fijado a un remolque no deberá exceder de 500 litros. En recipientes para carburantes portátiles podrá transportarse un máximo de 60 litros por unidad de transporte. Estas restricciones no se aplicarán a los vehículos de los servicios de intervención de urgencia.
- b) Del carburante contenido en el depósito de los vehículos o de otros medios de transporte que sean transportados como cargamento, cuando dicho depósito esté destinado a su propulsión o al funcionamiento de alguno de sus equipos.

---

**Restricciones**

La entrada de las mercancías peligrosas en un territorio podrá ser objeto de reglamentos o de prohibiciones impuestas por razones diferentes de la seguridad durante el transporte. Estas reglamentaciones o prohibiciones deberán ser publicadas de forma apropiada.

Bajo las reservas de las disposiciones del ADR/05, un país podrá aplicar a los vehículos que efectúan un transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera, en su territorio, determinadas disposiciones complementarias que no estén previstas en el ADR/05, bajo reserva de que estas disposiciones no contradigan las del ADR/05 y se apliquen también a los vehículos que efectúen transportes nacionales de mercancías peligrosas por carretera en su territorio y estén además publicadas.

Así mismo y como disposiciones suplementarias se atenderán las siguientes:

- a) Las condiciones o restricciones de seguridad suplementarias referentes a los vehículos que pasen por obras de arte

como puentes y túneles, los vehículos que utilicen modos de transporte combinados como transbordadores o trenes, o vehículos que lleguen o abandonen puertos u otras terminales de transporte específicas.

- b) Las condiciones que precisen el itinerario a seguir por los vehículos para evitar zonas comerciales, residenciales o ecológicamente sensibles, zonas industriales donde se encuentran instalaciones peligrosas o rutas que presenten peligros físicos importantes.
- c) Las condiciones excepcionales precisando el itinerario a seguir o las disposiciones a respetar para el estacionamiento de los vehículos que transportan mercancías peligrosas, en caso de condiciones atmosféricas extremas, terremotos, accidentes, manifestaciones sindicales, problemas civiles o levantamientos armados.
- d) Las restricciones referentes a la circulación de los vehículos que transportan mercancías peligrosas en determinados días de la semana o del año.

Cuando se va a transportar un producto, la empresa fabricante del mismo (o, en su caso, su representante legal en la CE o el Distribuidor o Comercializador del producto) es responsable del bienestar físico de sus colaboradores, del público en general y de los colaboradores de su cliente. Por ello necesita garantizar que toda la información relevante para el manejo seguro de los productos que debe facilitar, y que debe contener todas las condiciones previsibles de manejo en situaciones normales y de emergencia, esté siempre disponible para todas las personas involucradas y que la misma sea fácilmente comprensible y esté redactada como mínimo en un idioma comprensible para los mismos. Dentro de esta información, debe encontrarse: el cumplimiento de los requisitos reglamentariamente aplicables para la señalización de los vehículos, la manipulación, carga/descarga y transporte del producto; los códigos de buena práctica, procedimientos de trabajo e instrucciones generales, en los que deben incorporarse todos los factores de seguridad y deben hacerse cumplir; las instrucciones específicas que deben darse al encargado del transporte, respecto de las acciones que debe llevar a cabo en situaciones de emergencia (accidentes del personal de transporte, fuga, derrame o incendio de los productos) y, finalmente, los procedimientos seguros de carga/descarga que deben seguir los trabajadores del fabricante, cargador/descargador, cliente o del servicio de almacén.

Los vehículos deben ser de diseño y construcción adecuados a la carga que han de transportar. En caso de transportes muy

---

#### Documentación

peligrosos, que vienen consignados como tales en las Reglamentaciones específicas al respecto, deberá solicitarse/avisarse previamente a la realización del mismo a las autoridades. Los fabricantes, que son los que mejor conocen las propiedades químicas específicas de sus productos, así como el manejo seguro y los procedimientos de emergencia de los mismos, deben asegurarse de que tanto los transportistas como los servicios de almacén contratados estén plenamente informados de la carga a transportar, de las precauciones que hay que tomar durante su transporte y de que son competentes para el manejo de mercancías peligrosas.

Todo transporte de mercancías, al que se aplique el ADR/05, deberá llevar a bordo (salvo exenciones consignadas) la documentación siguiente:

*Carta de porte*

La o las cartas de porte deberán suministrar para toda materia u objeto transportado, salvo las particularidades que se consignan en el ADR/05 para cada materia, los datos siguientes:

- a) el número ONU precedido de las letras "UN";
- b) la designación oficial de transporte, completada, en su caso, con la denominación técnica;
- c) el código de clasificación para las materias y objetos de la clase 1, el número de la clase para las materias radiactivas de la clase 7 y los números de modelos de etiquetas para las materias y objetos de otras clases (para las materias y objetos que no tienen indicado ningún modelo de etiqueta en su lugar se indicará la clase);
- d) en su caso, el grupo de embalaje atribuido a la materia que puede ir precedido de las letras "GE" (por ejemplo, "GE II") o de las iniciales correspondientes a las palabras "Grupo de embalaje" en los idiomas utilizados;
- e) el número y la descripción de los bultos;
- f) con excepción de los medios de contención vacíos sin limpiar, la cantidad total de cada mercancía peligrosa caracterizada por su número ONU;
- g) el nombre y la dirección del/de los expedidor/es;
- h) el nombre y la dirección del/de los destinatario/s;
- i) declaración conforme a las disposiciones de cualquier acuerdo particular.

Las cartas de porte estarán redactadas en una lengua oficial del país de origen y, además, si esta lengua no es el inglés, francés o alemán, en inglés, francés o alemán, a menos que las normas internacionales de transporte por carretera, si existen, o los

acuerdos ratificados entre países interesados en el transporte dispongan otra cosa.

#### *Certificado de arrumazón del contenedor*

Si un transporte de mercancías peligrosas en un gran contenedor procede de un recorrido marítimo, con la carta de porte deberá proveerse un certificado de arrumazón (estiba) del cargamento de contenedor conforme al Código IMDG.

#### *Instrucciones escritas*

Como previsión de cualquier incidente o accidente que pueda sobrevenir durante el transporte, deberán entregarse al conductor unas instrucciones escritas que precisen de manera concisa, para cada mercancía u objeto peligroso, los siguientes datos:

- a) la denominación de las mercancías, su clase y el número ONU;
- b) la naturaleza del peligro presentado por esas materias, así como las medidas que deberá adoptar el conductor y los equipos de protección individual que deberá utilizar;
- c) las medidas de orden general a tomar (por ejemplo, prevenir a los demás usuarios de la carretera y a los transeúntes y avisar a la policía y/o a los bomberos);
- d) las medidas suplementarias que deban adoptarse para hacer frente a fugas o derrames;
- e) las medidas y equipos especiales que deben adoptarse.

Las instrucciones deberán ser proporcionadas por el expedidor y entregadas al conductor que las conservará en la cabina del vehículo, lo más tarde cuando las mercancías peligrosas se carguen sobre el vehículo. Los datos contenidos en esas instrucciones deben ser comunicados al transportista lo más tarde cuando se dé la orden de transporte, con el fin de permitirle adoptar todas las medidas que sean necesarias para cuidar de que se informe a los empleados afectados de dichas instrucciones y su aplicación.

El expedidor será responsable del contenido de dichas instrucciones. Éstas deberán estar redactadas en una lengua que el conductor o los conductores que se hacen cargo de las mercancías peligrosas puedan leer y comprender, y en todas las lenguas de los países de origen, de tránsito y de destino.

#### *Documentación adicional*

Además, también hay que llevar la Tarjeta de Inspección Técnica (ITV) correspondiente a la unidad de transporte, el certificado de aprobación que autorice a la unidad de transporte a

realizar el mismo en los casos en que el ADR/05 lo exija y el certificado de formación o autorización especial del conductor en los casos en que el ADR/05 lo exija.

**Tipos de vehículos**

Se definen los siguientes tipos de vehículos:

- *Vehículo*: cualquier vehículo, tanto si es completo, incompleto o complementado, destinado al transporte de mercancías peligrosas por carretera.
- *Vehículo EX/II* o *Vehículo EX/III*: vehículo destinado al transporte de materias u objetos explosivos (clase 1).
- *Vehículo FL*. Puede ser:
  - a) un vehículo destinado al transporte de líquidos con un punto de inflamación que no sobrepase 61° C (exceptuando los carburantes diesel que cumplan con la norma UNE EN 590:2004, el gasóleo y el petróleo para calefacción (ligero) Nº ONU 1202 – con un punto de inflamación definido en la norma UNE EN 590:2004) en cisternas fijas o desmontables con capacidad superior a 1 m<sup>3</sup> o en contenedores cisterna o cisternas portátiles de una capacidad individual superior a 3 m<sup>3</sup>; o
  - b) un vehículo destinado al transporte de gases inflamables en cisternas fijas o desmontables con capacidad superior a 1 m<sup>3</sup> o en contenedores cisterna, en cisternas portátiles o CGEM con capacidad individual superior a 3 m<sup>3</sup>; o
  - c) un vehículo batería con capacidad superior a 1 m<sup>3</sup> destinado al transporte de gases inflamables.
- *Vehículo OX*: vehículo destinado al transporte de peróxido de hidrógeno estabilizado o en solución acuosa estabilizada que contenga más de un 60% de peróxido de hidrógeno (clase 5.1, Nº ONU 2015) en cisternas fijas o desmontables con capacidad superior a 1 m<sup>3</sup> o en contenedores cisterna o en cisternas portátiles con una capacidad superior a 3 m<sup>3</sup>.
- *Vehículo AT*. Puede ser:
  - a) un vehículo distinto de un vehículo FL u OX, destinado al transporte de mercancías peligrosas en cisternas fijas o desmontables con capacidad superior a 1 m<sup>3</sup> o en contenedores cisterna, en cisternas portátiles o CGEM con capacidad individual superior a los 3 m<sup>3</sup>; o
  - b) un vehículo batería con capacidad superior a 1 m<sup>3</sup> y que no sea un vehículo FL.
- *Vehículo completo*: vehículo enteramente acabado (por ejemplo furgón, camión, tractor, remolque construido en una sola etapa).

- *Vehículo incompleto*: vehículo que necesita acabarse en al menos una etapa posterior (por ejemplo chasis -cabina, chasis de remolque).
- *Vehículo complementado*: vehículo que resulta de un proceso de etapas múltiples (por ejemplo chasis o chasis-cabina provisto de una carrocería).
- *Vehículo homologado por tipo*: vehículo que se ha homologado conforme al Reglamento ECE N° 1052 o a la Directiva 98/91/EC3.
- *Aprobación ADR*: la certificación, por la autoridad competente, de que un vehículo destinado al transporte de mercancías peligrosas satisface las disposiciones técnicas pertinentes en tanto que vehículo EX/II, EX/III, FL, OX o AT.

A petición del constructor o de su representante debidamente acreditado, todos los vehículos que deban ser objeto de aprobación ADR/05 podrán obtener una homologación de tipo de la autoridad competente.

Los vehículos EX/II, EX/III, FL, OX y AT se deberán someter en su país de matriculación a una revisión técnica anual para verificar que responden a las disposiciones aplicables del ADR/05 y a las disposiciones generales de seguridad (frenos, alumbrado, etc.) de la reglamentación de su país de origen; si estos vehículos fueran remolques o semirremolques arrastrados por un vehículo tractor, dicho vehículo tractor deberá pasar una revisión técnica con el mismo objeto.

La conformidad de los vehículos debe certificarse ya sea por la extensión de validez del certificado de aprobación, ya sea por la emisión de un nuevo certificado de aprobación conforme y deberá acreditarse con un certificado de aprobación (certificado de aprobación ADR/05), expedido por la autoridad competente del país de matriculación para cada vehículo cuya inspección sea satisfactoria, y estará redactado en la lengua o en una de las lenguas del país expedidor. Si esta lengua no es el inglés, el francés o el alemán, el título del certificado de aprobación así como toda observación deben redactarse además en inglés, en francés o en alemán.

Esta disposición no evita, en el caso de las cisternas sujetas a la obligación de controles periódicos, la exigencia de las pruebas de estanqueidad, las de presión hidráulica o los exámenes interiores de las cisternas en intervalos más cortos de los previstos en los capítulos del ADR.

---

Las disposiciones del ADR/05 indican que en los vehículos que transporten materias peligrosas se deberán llevar los siguientes equipos y materiales.

**Materiales y equipos**

*Extintores*

Toda unidad de transporte que transporte mercancías peligrosas deberá ir provista al menos de un extintor de incendios portátil adaptado a las clases de inflamabilidad A, B y C, con una capacidad mínima de 2 kg de polvo (o de capacidad correspondiente para otro agente extintor aceptable), adecuada para combatir un incendio del motor o de la cabina de la unidad de transporte.

Son necesarios los aparatos suplementarios siguientes:

- i) para las unidades de transporte de una masa máxima admisible superior a 7,5 toneladas, uno o varios extintores de incendios portátiles adaptados a las clases de inflamabilidad A, B y C, con una capacidad mínima total de 12 kg de polvo (o de capacidad correspondiente para otro agente extintor aceptable), de los que al menos un extintor deberá tener una capacidad mínima de 6 kg;
- ii) para las unidades de transporte de una masa máxima admisible superior a 3,5 toneladas e inferior o igual a 7,5 toneladas, uno o varios extintores de incendios portátiles adaptados a las clases de inflamabilidad A, B y C, con una capacidad mínima total de 8 kg de polvo (o de capacidad correspondiente para otro agente extintor aceptable), de los que al menos un extintor deberá tener una capacidad mínima de 6 kg;
- iii) para las unidades de transporte de una masa máxima admisible inferior o igual a 3,5 toneladas, uno o varios extintores de incendios portátiles adaptados a las clases de inflamabilidad A, B y C, con una capacidad mínima total de 4 kg de polvo (o de capacidad correspondiente para otro agente extintor aceptable).

Los extintores de incendios deberán ser objeto de una inspección periódica, de acuerdo con las normas nacionales, con el fin de garantizar su funcionamiento con total seguridad.

*Calzo*

Se llevará al menos un calzo por vehículo, de dimensiones apropiadas a su peso y al diámetro de las ruedas.

*Señalización*

Se dispondrá de dos señales de advertencia autoportantes (por ejemplo conos o triángulos reflectantes o luces naranja intermitentes independientes de la instalación eléctrica del vehículo), un cinturón o una vestimenta fluorescente apropiada para cada miembro de la tripulación del vehículo y una linterna para cada miembro de la tripulación del vehículo.

*Equipos de protección personal*

Se necesitará una protección respiratoria cuando así se indique en el ADR/05 en función de las mercancías transportadas y protecciones individuales necesarias según el tipo de mercancías transportadas.

*Equipos especiales*

Los necesarios para tomar las medidas suplementarias y/o especiales indicadas en las instrucciones escritas previstas.

Las personas dedicadas al transporte de mercancías peligrosas deberán recibir una formación adecuada a la actividad que realizan y a su responsabilidad en el transporte de mercancías peligrosas, ya sean el consejero de seguridad o los miembros de la tripulación del vehículo o el personal de carga/descarga.

Todo el personal deberá recibir una formación que trate los riesgos y peligros que presentan las mercancías peligrosas y que deberá ser adaptada a la gravedad de los riesgos de los daños o de exposición en que se pueda incurrir en caso de incidente durante el transporte/carga/descarga de mercancías peligrosas. La formación deberá contener, además, las instrucciones para la manipulación en condiciones de seguridad y los procedimientos de emergencia. Toda esta formación deberá completarse periódicamente mediante cursos de reciclaje para incluir en ella los cambios introducidos en la reglamentación.

**Formación del personal***Formación de los conductores*

Los conductores de los vehículos que transporten mercancías peligrosas tendrán que seguir un curso básico de formación. Esta formación se impartirá dentro del marco de un cursillo aprobado por la autoridad competente. Los objetivos esenciales de la misma serán la sensibilización de los conductores acerca de los riesgos que presenta el transporte de mercancías peligrosas e inculcarles las nociones básicas indispensables para minimizar el riesgo de incidentes y, si alguno les sobreviniera, para permitirles tomar las medidas necesarias para su propia seguridad y para la del público, así como para la protección del medio ambiente y para limitar los efectos del incidente.

Cada cinco años, el conductor deberá poder probar, con respecto a las titulaciones inscritas en su certificado, por la autoridad competente o por algún organismo reconocido por tal autoridad, que, durante el año precedente a la fecha de expiración de su certificado, ha seguido una formación de reciclaje y ha superado el examen correspondiente.

*Formación del resto del personal relacionado con el transporte*

Todo el personal, distinto de los conductores certificados y que estén relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por carretera, deberá haber recibido una formación acerca de las disposiciones que regulan el transporte de estas mercancías, adaptada a su responsabilidad y cometido. Esta disposición se aplica al personal empleado por el transportista, expeditor o usuario, siempre que el mismo efectúe la carga y descarga de las mercancías peligrosas, al personal que trabaje para las agencias de transporte y agencias consignatarias y a los conductores que no posean un certificado específico para el transporte de mercancías peligrosas.

**Consejero de seguridad de transporte**

Cualquier empresa cuya actividad comporte el transporte de mercancías peligrosas por carretera, o las operaciones de embalaje, de carga, de llenado o de descarga relacionadas con estos transportes, designará a uno o a varios consejeros de seguridad, para el transporte de mercancías peligrosas, que serán los encargados de colaborar en la prevención de los riesgos para las personas, los bienes o el medio ambiente, inherentes a estas actividades.

Las autoridades competentes podrán prever que las disposiciones no se apliquen a las empresas:

- a) Que manipulen o transporten cantidades limitadas, por cada unidad de transporte, que no lleguen a los umbrales mencionados en las secciones 1.1.3.6 y 2.2.7.1.2 así como en los capítulos 3.3 y 3.4 del ADR/RID/05, o
- b) Que no efectúan, a título de actividad principal o accesoria, transportes de mercancías peligrosas u operaciones de carga o descarga relacionadas con estos transportes, pero que ocasionalmente efectúan transportes nacionales de mercancías peligrosas u operaciones de carga o descarga relacionadas con estos transportes, presentando un grado de peligro o de contaminación mínimo.

Bajo la responsabilidad del jefe de la empresa, el consejero tiene por misión:

- Asesorar a la empresa en las operaciones referentes al transporte de mercancías peligrosas.
- Redactar un informe anual destinado a la dirección de la empresa y a la autoridad local sobre las actividades de la empresa relativas al transporte de mercancías peligrosas. (El informe debe conservarse durante 5 años y disponible para las autoridades nacionales, si lo solicitan).
- Examinar prácticas y procedimientos referentes a las actividades de transporte.

- Crear procedimientos para la identificación de las mercancías peligrosas transportadas.
- Asesorar en la adquisición de los medios de transporte.
- Verificar el material utilizado para el transporte de las mercancías peligrosas o para las operaciones de carga o descarga.
- Verificar y/o impartir la formación apropiada al personal de la empresa.
- Aplicar los procedimientos de urgencia apropiados en caso de accidentes/Incidentes.
- Analizar y en su caso elaborar los de partes de accidentes, incidentes o infracciones graves en el curso del transporte de mercancías peligrosas, o durante las operaciones de carga o descarga;
- Aplicar los medios adecuados para evitar la repetición de accidentes, incidentes o infracciones graves.
- Observar las disposiciones legales relativas al transporte en lo referente a la elección y utilización de subcontratistas o terceros participantes.
- Comprobar que el personal encargado del transporte, carga o descarga dispone de procedimientos y consignas.
- Aplicar los procedimientos de comprobación con objeto de garantizar la presencia, a bordo de los medios de transporte, de los documentos y de los equipos de seguridad que deben acompañar a los transportes, y la conformidad de estos documentos y de estos equipos con la normativa.
- Otras.

El consejero podrá ser el jefe de empresa, una persona que ejerza otras funciones en la empresa o una persona que no pertenezca a la misma, siempre que esté legalmente capacitado para cumplir sus funciones. El consejero deberá estar en posesión de un certificado de formación profesional válido para el transporte, en las modalidades y/o clases que trate la empresa. Este certificado será emitido por la autoridad competente previa superación por el consejero de un examen de comprobación de sus conocimientos en materia de transporte de mercancías peligrosas y que deberá ser renovado cada 5 años.



# Instalaciones y equipos

# 13

## INTRODUCCIÓN

La experiencia muestra que un diseño deficiente es la causa primaria de bastantes accidentes o incidentes en las instalaciones en las que intervienen productos químicos peligrosos. Dedicar tiempo a analizar los detalles que pueden ser significativos para la seguridad y fiabilidad de la instalación cuando todavía está en la fase de diseño, es posiblemente la acción preventiva más eficaz que se puede realizar.

## SEGURIDAD EN INSTALACIONES EN LAS QUE INTERVIENEN PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

Los accidentes generados en instalaciones en las que se procesan sustancias peligrosas suelen ser debidos a fallos de componentes, desviaciones incontroladas de las condiciones normales de operación, errores humanos y de organización, injerencias de agentes externos al proceso, incluidas las fuerzas naturales, y daños intencionados o de sabotaje. Los fallos más frecuentes de los componentes se agrupan en la figura 1, las desviaciones de las condiciones normales de operación, en la figura 2 y los debidos a la actividad humana (errores directos y de organización), en la figura 3. Hay que tener en cuenta que los errores humanos suceden porque los trabajadores no conocen suficientemente los riesgos y su prevención, están insuficientemente adiestrados en los pro-

### FALLOS MÁS FRECUENTES DE LOS COMPONENTES

- Diseño inapropiado frente a la presión interna, a las fuerzas externas, a la corrosión del medio, al calor o a posibles impactos.
- Fallos de elementos clave que permiten el régimen normal de funcionamiento del proceso, tales como bombas, compresores, ventiladores y agitadores.
- Fallos de los elementos de control, tales como sensores de presión y temperatura, controladores de nivel, reguladores de flujo, etc.
- Fallos en los sistemas de seguridad establecidos al efecto, por ejemplo: las válvulas de seguridad o sistemas de alivio de presión o los sistemas de refrigeración o neutralización, entre otros.
- Fallos de juntas y conexiones diversas, por ser puntos muy vulnerables a las fugas.

Figura 1.

DESVIACIONES DE LAS CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN	ERRORES HUMANOS (DIRECTOS Y DE ORGANIZACIÓN)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallos en el control de los parámetros fundamentales del proceso (presión, temperatura, flujo, concentración) y en el tratamiento de los mismos, por ejemplo: elección inadecuada de la variable para el control, insuficiente tiempo de respuesta, etc.</li> <li>• Fallos en la adición manual de componentes.</li> <li>• Fallos en el suministro de servicios, tales como: insuficiente enfriamiento en reacciones exotérmicas, corte del suministro eléctrico, ausencia del agente inertizante o del aire comprimido.</li> <li>• Errores en los procedimientos de parada o puesta en marcha del proceso.</li> <li>• Formación de subproductos o residuos causantes de reacciones colaterales indeseadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Errores de operación, por una disposición incorrecta de válvulas y demás elementos de regulación y control.</li> <li>• Desconexión de sistemas de seguridad a causa de falsas alarmas reiterativas.</li> <li>• Confusión de sustancias peligrosas.</li> <li>• Realización de trabajos no debidamente autorizados.</li> <li>• Errores de comunicación.</li> <li>• Reparaciones o trabajos de mantenimiento incorrectos.</li> <li>• Inexistencia o incumplimiento de procedimientos de trabajo.</li> </ul>

Figura 2.

Figura 3.

cedimientos a seguir o existe un conjunto de deficiencias materiales u organizativas que propician el error, esperándose en ocasiones una capacidad de respuesta del personal excesiva.

### Aparatos a presión

Se denominan aparatos a presión aquellos equipos destinados a la producción, almacenamiento, transporte y utilización de fluidos a presión. Físicamente, un aparato a presión es aquel recipiente en cuyo interior existe un fluido a una presión superior o inferior a la atmosférica; pero legalmente se denominan aparatos a presión aquellos equipos y conjuntos en cuyo interior existe un fluido a una presión máxima admisible superior a 0,5 bar respecto de la atmosférica.

Gran parte de los fluidos almacenados, transportados en el interior de las plantas y que intervienen en las operaciones correspondientes a los procesos productivos, en los que intervienen productos químicos, están contenidos, son transportados y/o reaccionan en el interior de recipientes y equipos a presión.

El principal riesgo de estos aparatos es la explosión del recipiente causada por el incremento de la presión en el interior de los mismos, debido a la elevación de la temperatura del fluido contenido por aportes descontrolados de energía o por fallo de la resistencia del recipiente a causa de golpes, corrosiones, fisuras, etc. También hay que considerar los riesgos debidos a las fugas de los productos químicos y los peligros asociados a los mismos.

Los aparatos a presión se pueden clasificar en función de su

tamaño, uso o contenido, pero generalmente se acepta su clasificación en función de que estén o no sometidos a la acción de la llama, lo que permite distinguir el origen de la presión en su interior y sus riesgos principales. A continuación referiremos de forma no exhaustiva algunos tipos comunes de aparatos a presión.

La presión se produce por la vaporización del líquido contenido en el aparato, debido al calor aportado por la llama, al confinar el mismo en el interior de un recinto. Tienen riesgo de explosión física e incendio. En este grupo se encuentran:

- *Calderas*: existen diferentes tipos, que se tratarán en el apartado correspondiente. Básicamente se utilizan para producir vapor, el cual pasa a una turbina que mueve un generador para conseguir electricidad o agua caliente para calefacción.
- *Economizadores*: son intercambiadores de calor que recuperan parte del calor de los gases de salida de una caldera. Se colocan a la entrada de la caldera para aumentar la temperatura del fluido de alimentación de la misma, lo que incrementa su rendimiento.
- *Recalentadores de vapor*: se utilizan para volver a calentar un vapor que ha sido parcialmente utilizado en una primera turbina y reutilizarlo en una turbina de menor presión.
- *Sobrecalentadores*: elementos donde se eleva la temperatura del vapor saturado que sale de una caldera.
- *Ollas a presión*: recipientes destinados a procesos de calentamiento o cocción controlada.

El fluido contenido se encuentra a presión porque así se requiere para su uso o para rentabilizar el espacio en procesos de almacenamiento y/o transporte. Se pueden dividir en dos grandes grupos:

- *Equipos fijos*: intercambiadores, depósitos, tanques, reactores, instalaciones de tratamiento y almacenamiento de aire comprimido, etc.
- *Equipos móviles*: botellas y botellones para gases, extintores, generadores de aerosoles, conjuntos portátiles de tratamiento y almacenamiento de aire comprimido.

#### *Tipos de fluidos*

En cuanto a su contenido, los aparatos a presión pueden contener fluidos tales como: gases comprimidos, licuados o disueltos a presión; líquidos y vapor de agua. En todos los casos pueden incluir posibles arrastres de partículas sólidas (por ejemplo: extintores de presión incorporada).

#### **Aparatos sometidos a la acción de la llama**

#### **Aparatos no sometidos a la acción de la llama**

Para la aplicación del RD 769/1999, los fluidos se clasifican según su grado de peligrosidad en dos grupos:

- *Grupo 1*: fluidos clasificados como explosivos, extremadamente inflamables, fácilmente inflamables, inflamables (cuando la temperatura máxima admisible es superior al punto de inflamación), muy tóxicos, tóxicos y comburentes.
- *Grupo 2*: todos los demás fluidos no contemplados en el grupo 1 (por ejemplo: corrosivos, inertes).

Si un recipiente contiene más de un fluido, se clasifican en función del fluido que requiera una categoría de mayor riesgo.

---

**Diseño de instalaciones**

El diseño de una instalación concreta debe partir de las reglamentaciones de obligado cumplimiento que le sean de aplicación (Reglamentos de Seguridad Industrial). Sin embargo, para lograr un nivel elevado de seguridad es preciso, además, que las especificaciones del diseño se apoyen, hasta donde sea posible, en la aplicación de normas técnicas de reconocida solvencia (DIN, VDI, ASTM u otras).

A continuación se desarrollan algunos aspectos relevantes que se deben considerar precisamente en el diseño de componentes y elementos de una instalación y los sistemas de seguridad necesarios para un mejor control de los procesos minimizando riesgos.

---

**Materiales de construcción**

El material de construcción de las instalaciones es un elemento importante en el diseño de procesos. El aspecto más importante a considerar es su resistencia frente a los productos químicos que vayan a contener las instalaciones y la resistencia frente a la corrosión externa. Los materiales más comúnmente empleados son vidrio, plástico o metales, especialmente acero, cuyas características se resumen a continuación. En la figura 4 se presentan algunos ejemplos de materiales adecuados para algunos productos químicos característicos

**Acero corriente ( $< 0,25\% \text{ de } C$ )**

Es el material más usado, normalmente con juntas soldadas. Es aplicable para la construcción de recipientes o tuberías destinadas a contener disolventes orgánicos (excepto los clorados), soluciones alcalinas frías, disoluciones frías de ácido sulfúrico concentrado ( $> 85\%$ ) o de ácido nítrico concentrado ( $> 65\%$ ) también a temperatura ambiente.

**Acero Inoxidable**

Es una denominación genérica que engloba varios tipos y calidades de acero compuestas siempre por una aleación de hie-

PRODUCTO / MATERIAL
<b>Amoniaco</b> Acero al carbono o acero inoxidable Plástico hasta el límite de temperatura admisible (60°C aproximadamente)
<b>Cloro (seco)</b> Cualquier metal corriente excepto titanio
<b>Cloro (húmedo)</b> Vidrio, plástico reforzado con resinas, aleaciones de níquel especiales si se trata de cloro a elevada temperatura, aunque hay que tener en cuenta que ataca a prácticamente todos los metales
<b>Ácido clorhídrico (gas)</b> Materiales no metálicos hasta el límite de temperatura aplicable. Titanio o aleaciones especiales.
<b>Ácido fluorhídrico</b> Es similar al clorhídrico, es decir, muy corrosivo para todos los metales; su corrosividad aumenta en presencia de oxígeno o agentes oxidantes, lo que obliga a utilizar materiales no metálicos o aleaciones especiales.
<b>Productos orgánicos</b> En principio cualquier metal, excepto para ácidos, aunque deben evaluarse las posibilidades siguientes: Contaminación del producto por parte del metal. Presencia de componentes minoritarios o impurezas que puedan afectar al metal (agua, sales minerales, ácidos y bases, etc.). Exigencias del proceso (contaminación del producto o requerimientos de limpieza de la instalación). Los plásticos y resinas son, en general, desaconsejables, a no ser que se disponga de información específica sobre compatibilidad. El vidrio sería el material adecuado, aunque por su fragilidad es desaconsejable para grandes volúmenes, instalaciones con riesgo de golpes y fricciones y manipulación de productos cuyo paso al ambiente pueda ocasionar situaciones peligrosas.

Figura 4. Ejemplos de materiales adecuados para algunos productos químicos característicos

rro, cromo (entre 12% y 30%) y níquel (hasta el 22%), además de otros componentes minoritarios (molibdeno, cobre, selenio, titanio, etc.). La variedad de tipos disponibles en el mercado permite utilizar este tipo de aceros en instalaciones para manipular casi todo tipo de productos y en un margen de temperaturas que van desde las criogénicas (< - 30 °C) hasta las muy elevadas (1000 °C). No obstante, cada tipo de acero inoxidable ha sido diseñado para una aplicación específica y se debe prestar atención en cada caso a la adaptabilidad del acero a los requisitos exigidos por la instalación. Los aceros inoxidables más populares son los de los *tipos* siguientes: 304 (19% cromo y 10% níquel), empleado de manera general en plantas de procesado de alimentos y con productos de baja agresividad; 321 (18%

cromo y 10% níquel), equivalente al 304 pero soporta mejor las temperaturas elevadas; 347 (18% cromo, 11% níquel), similar al 321, se usa en instalaciones con ácido nítrico; 316 (17% cromo, 12% níquel y 2,5% molibdeno), en el que la presencia de molibdeno mejora la capacidad de resistencia frente a disoluciones ácidas diluidas o sustancias reductoras como los haluros; y *aleaciones con níquel* (Monel, Inconel, Incoloy), que permiten soportar unas condiciones extremas de corrosividad.

### **Reactores y recipientes de proceso**

En la etapa de diseño hay que prever las circunstancias que pueden dar origen a un incidente y especificar las características de los equipos de acuerdo con estas previsiones. Al diseñar los recipientes hay que prestar atención, entre otras circunstancias adversas, a posibles reacciones incontroladas, a la posibilidad de que ocurran explosiones o deflagraciones internas, a defectos en la fabricación y a fallos mecánicos en los equipos auxiliares (en las instalaciones de proceso y de almacenamiento próximas) que puedan afectar al recipiente.

#### **CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO MÁS IMPORTANTES QUE DEBEN REUNIR LOS RECIPIENTES PARA EVITAR FALLOS**

1. Minimizar las diferencias entre máximos y mínimos de presión y temperatura.
2. Evitar choques térmicos (cambios bruscos de temperatura).
3. Minimizar las tensiones debidas a cargas excesivas o vibraciones.
4. Diseñar los cimientos con márgenes de seguridad elevados para evitar asentamientos posteriores.
5. Diseñar los recipientes y las tuberías teniendo en cuenta las dilataciones térmicas y las vibraciones.
6. Soportar las plataformas y pasarelas independientemente de los recipientes.
7. Sellar los aislamientos para evitar daños por humedad o corrosión.
8. Si dos metales distintos deben estar en contacto, prevenir los efectos de corrosión galvánica.
9. La pasivación de las aleaciones de níquel y acero inoxidable es obligatoria para evitar corrosiones.
10. Evitar espacios en los que se puedan acumular líquidos o puedan producirse derrames incontrolados.
11. Para evitar la aparición de cargas electrostáticas, utilizar tubos sumergidos para la carga de líquidos en el recipiente.

Figura 5.

Por otro lado, deben considerarse tanto las operaciones de carga de líquidos y de sólidos al reactor, como los aportes de gases o vapores.

*Normas generales aplicables al diseño de recipientes*

Las características de diseño más importantes que deben reunir los recipientes para evitar fallos se han relacionado en la figura 5. Todos los reactores y recipientes deben estar equipados con dispositivos de alivio de sobrepresiones, ya sean aberturas de venteo en recipientes a presión atmosférica, o discos de ruptura y válvulas de seguridad o combinaciones de ambas, en recipientes en los que el fluido contenido está a una presión superior a 0,5 bar.

Las aberturas o tubos de venteo permiten la entrada o salida del aire interior a consecuencia del vaciado o carga del recipiente. En todo caso es necesario considerar el peligro que puede representar la formación de atmósferas inflamables en el espacio interior y que deben ser evitadas. Para ello se aplican sistemas reguladores de presión con aporte de agente inertizante.

Los reactores se deben construir con una resistencia mínima capaz de soportar una presión interna de 3 bar, aunque vayan a trabajar a presión atmosférica, con objeto de proporcionar una seguridad intrínseca frente a posibles picos de sobrepresión. Si existe la posibilidad de que se forme una mezcla explosiva, es necesario realizar un ensayo para medir la sobrepresión causada por la deflagración y diseñar la resistencia del reactor de acuerdo con el resultado.

Debe comprobarse escrupulosamente la calidad de los recipientes construidos con materiales sintéticos, sujetos además a posibles degradaciones por radiación solar.

#### *Carga de líquidos*

Generalmente los líquidos inflamables, no criogénicos, se cargan en los recipientes mediante un tubo buzo o bien por un tubo a nivel del fondo del recipiente, con el fin de evitar la generación de cargas electrostáticas. Si se precisa la adición de un catalizador o reactivo, cuya rápida adición puede ocasionar el desencadenamiento de una reacción incontrolada, es imperativo instalar en el conducto de alimentación un sistema de control del flujo, ya sea con la utilización de un caudalímetro, un orificio limitador de flujo, una válvula de regulación, ya sea, en su caso, con la instalación de un sensor de temperatura del líquido que actúe sobre la válvula de paso y que corte la alimentación en el caso de detectar un incremento brusco de la temperatura.

Deben preverse asimismo dispositivos que eviten la sobrecarga del reactor. Cuando ésta pueda generar peligro, deberá existir, en cada una de las canalizaciones de entrada de producto, un sistema detector de la cantidad cargada, dotado de alarma óptica y acústica y asociado a la válvula de cierre automático de la carga.

#### *Carga de sólidos*

Si es necesario alimentar con productos sólidos un reactor que contiene productos tóxicos o combustibles, debe hacerse mediante sistemas mecánicos dotados de válvulas de doble compuerta o de cualquier otro dispositivo como, por ejemplo, alimentadores en continuo con tornillos bisinfín, que no obligue al trabajador a abrir la boca de hombre y exponerse a los vapores tóxicos. Si se trata de un sólido pulverulento, es necesario prever una extracción localizada en el punto de carga para evitar la exposición del trabajador al polvo.

#### *Toma de muestras*

La toma de muestras suele ser una operación peligrosa cuando se requiere que el operario, para hacerlo, abra el reactor. Debe

procurarse que esta operación se realice con medios específicos que permitan extraer la muestra sin tener que introducir barras o útiles de trabajo desde el exterior. Cuando exista la posibilidad de presencia de atmósfera peligrosa en el reactor, puede ser incluso conveniente extraer la muestra mediante inyección de agente inertizante que impulse la extracción en un punto específico existente al efecto. En ambientes inflamables la introducción de un elemento metálico en el interior del reactor puede ser extremadamente peligroso por ser fuente de descargas electrostáticas.

---

**Alivio de sobrepresiones**

Las sobrepresiones se pueden generar por multitud de causas tanto internas como externas al propio recipiente. En el caso de los reactores, la posibilidad de una brusca elevación de presión debida a una reacción incontrolada debe tenerse siempre en cuenta, lo cual implica prever, al diseñar los dispositivos de alivio de presión, una capacidad de evacuación de material tal que permita que la presión en el interior del recipiente se mantenga en todo momento dentro del estándar de seguridad previsto para el mismo.

Los recipientes a presión que puedan verse así mismo expuestos a un incendio dispondrán de válvulas de seguridad y/o discos de rotura, cuyas capacidades de evacuación de los fluidos contenidos estén, como mínimo, de acuerdo con la reglamentación vigente (Reglamento de Aparatos a Presión y sus ITC, Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus ITC, etc.).

Las válvulas de seguridad para sobrepresiones y las de vacío deberán ser verificadas periódicamente; debe vigilarse en especial que su presión de disparo no se vea alterada (por obstrucciones en las canalizaciones, taponamientos en la entrada y/o salida, conexión a red de canalizaciones de venteo, etc.). Cualquier manipulación en una válvula de seguridad (operaciones de mantenimiento, revisión, etc., distintas del disparo manual de las válvulas) debe efectuarla personal técnicamente cualificado, que disponga de las herramientas e instrumentos necesarios para realizar la operación y adecuadamente acreditado por la Administración,

Las válvulas de seguridad deben recuperar su posición normal (cerrar) una vez liberada la sobrepresión o vacío que provocó su apertura; en ocasiones, y como complemento a su acción o como dispositivo de seguridad redundante, se instalan discos de ruptura, que son dispositivos diseñados para romper a una presión prefijada y liberar el exceso de presión generada en el recipiente. Una vez activados, estos dispositivos permanecen siempre abiertos en comunicación directa con la atmósfera

o con los dispositivos de descarga, prosiguiendo la evacuación de fluido en tanto no se establezca el equilibrio entre la presión interior y la exterior del recipiente, por ello es necesaria su reposición para poder restituir las condiciones de funcionamiento del recipiente. Ver la figura 6.

La materia evacuada por el conducto de descarga del dispositivo de alivio, en el caso de reacciones incontroladas, está generalmente constituida por un fluido polifásico (líquido-vapor o líquido-vapor-sólido), por ello es conveniente dirigir la descarga primero hacia un recipiente en el que se realice la separación de fases, gasificar si procede la fase líquida y posteriormente conducir los gases y/o vapores, debidamente canalizados, a la atmósfera, a una antorcha o a una torre de absorción adecuada, según sean los requerimientos necesarios para la protección de las personas y/o del medio ambiente. La fase sólida se acostumbra a retener, caso de existir, mediante el uso de sistemas físicos o químicos adecuados como por ejemplo: separadores ciclónicos y/o filtros.

Las conducciones y las mangueras flexibles están expuestas, por su movilidad, a una probabilidad de deterioro superior a las canalizaciones fijas, por ello su uso se debe limitar, en lo posible, a las operaciones de carga y descarga de vehículos cisterna a depósitos. En instalaciones de carga, descarga y trasvase en las plantas de producción, solo se utilizarán canalizaciones fijas, siendo preferibles las conexiones soldadas frente a las embriadas. Hay que tener en cuenta que una brida es un punto de potencial fuga, por ello ante fluidos peligrosos habrá que establecer un procedimiento de control periódico y evitar la presencia debridas en el interior de locales ocupados en los que una posible fuga, por tratarse de sustancias tóxicas, pudiera generar accidentes graves.

En todos los casos las canalizaciones deben ser del material adecuado a las características del producto, al estado del mismo y a las condiciones de trabajo a que deban someterse. Las mangueras se conservarán en lugares adecuados, especialmente habilitados a tal fin en la empresa y siguiendo las instrucciones del fabricante de las mangueras.

Dado que la conexión de las mangueras a los equipos o insta-

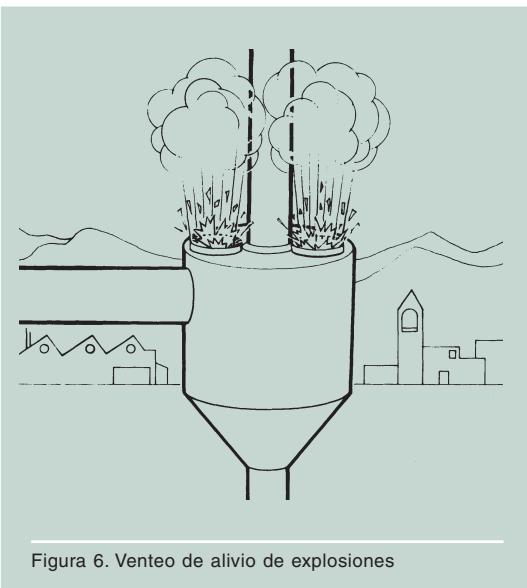


Figura 6. Vento de alivio de explosiones

#### Tuberías y válvulas

laciones constituyen puntos críticos de las mismas, solo se utilizarán acoplamientos normalizados o en su caso, de uso plenamente reconocido, observándose en todo momento los procedimientos de seguridad en el trabajo de forma que se mantengan en todo momento las mangueras y los equipos dentro de sus estándares de utilización.

Las tuberías deben instalarse de tal forma que se eviten acumulaciones de líquidos en su interior. Para ello las tuberías horizontales deberían tener una ligera pendiente para facilitar el drenaje. En los puntos de drenaje existirán las correspondientes válvulas de purga. Cuando las tuberías pudieran estar expuestas a sobrepresiones, dispondrán de válvulas de seguridad para alivio de presiones.

Antes de proceder a cualquier intervención de desmontaje de tuberías o equipos es imprescindible purgar los líquidos, vapores y/o gases que hubieran podido quedar retenidos en la instalación. Es recomendable que existan válvulas de purga previas a los equipos de bombeo, de tal forma que mediante un resguardo con enclavamiento se evite intervenir en los mismos sin el purgado previo. Con tal medida se evitarían frecuentes y graves accidentes por proyecciones de líquidos.

Es importante prever en el diseño la posibilidad de desmontaje de tuberías o la sustitución de las válvulas y/o equipos instalados, con accesos y medios adecuados, ya que en caso contrario se originan intervenciones complejas, que generan situaciones de riesgo para el personal de mantenimiento.

Las válvulas, sean automáticas o manuales, deben ser cuidadosamente seleccionadas considerando las características del fluido, las condiciones de trabajo de la instalación y los tiempos de respuesta en su apertura o cierre para obtener la respuesta esperada, siendo necesario tener presente, en su caso, el número de operaciones a realizar con las mismas. Las válvulas automáticas que hayan de tener respuesta solo en situaciones críticas o de emergencia habrán de ser activadas y verificadas periódicamente para garantizar la fiabilidad necesaria de respuesta en todo momento.

A título de ejemplo ilustrativo cabe indicar que:

- Las válvulas esféricas de dos posiciones se emplean cuando se precisa una respuesta rápida.
- Se emplean válvulas especiales criogénicas, que no se congelan ni bloquean, para la manipulación de productos a muy bajas temperaturas ( $T < -10^{\circ}\text{C}$ ).

#### *Señalización de canalizaciones*

Las tuberías o canalizaciones deben estar perfectamente seña-

lizadas en el interior de las plantas con el fin de poder prevenir los riesgos inherentes a las operaciones de manipulación, control y mantenimiento y con el fin de evitar errores o confusiones en las operaciones que hayan de realizar en las mismas.

Cabe notar que no solo es necesario poder determinar de forma fiable el fluido que circula por el interior de una canalización, sino que así mismo es imprescindible el conocer de forma inequívoca, muy especialmente cuando las canalizaciones circulan en forma de haces de tubuladuras, el sentido de circulación de los fluidos contenidos y la presión de los mismos (ya sea de forma precisa o categorizada).

Tal como se comentó en el capítulo 7, para su correcta y fiable señalización se deben seguir las directrices que vienen indicadas en el Anexo VII del RD 485/1997 -Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo-, siendo recomendable así mismo la utilización de las normas UNE 1063:2000 (correspondiente a la DIN 2403/1984) -Señalización de canalizaciones- o la UNE 100100/2000 -Señalización de canalizaciones de climatización.

Los instrumentos de medida, regulación y control deben ser adecuados a la variable clave que se deba controlar y sobre todo con una fiabilidad muy alta; esta fiabilidad debe ser tanto mayor cuanto mayor sea la peligrosidad o toxicidad de las sustancias manipuladas. Por otro lado, es importante la correcta ubicación y centralización de los instrumentos de regulación y control, que deben ser perfectamente visibles desde los puntos de operación o en los paneles o pantallas de las salas de control.

De manera general, se puede considerar que los controles manuales siempre son menos fiables que los automáticos y que los procesos discontinuos siempre son más peligrosos que los que se desarrollan en régimen continuo y automatizado. Actualmente los procesos químicos suelen estar controlados permanentemente mediante sistemas informatizados, en los que el programa lleva a cabo las operaciones de revisión cíclica y periódica de todos los parámetros e indicadores críticos y da una inmediata y segura respuesta correctiva a las desviaciones previstas en el programa, pudiendo también realizar funciones de alerta y, si ha lugar, de paro programado de la instalación. Ver la figura 7.

#### Instrumentos de regulación y control



Figura 7. Sala de control

Los posibles fallos de los sistemas de regulación y control deben estar previstos mediante la instalación de sistemas redundantes y de sistemas específicos de seguridad que habrían de actuar, en casos extremos, para evitar situaciones de riesgo para los operarios y las instalaciones. Se trata de que, cuando se produzcan fallos de los elementos de regulación y control, de los sistemas de seguridad o de los servicios auxiliares (electricidad, nitrógeno, etc.) o desviaciones críticas de los procesos, se disponga siempre de los correspondientes sistemas de detección y alarma, con el margen de tiempo suficiente que permita una rápida y segura actuación y que ésta sea coherente con el riesgo.

Tanto los elementos de regulación y control, como los que tienen funciones específicas de seguridad, deben estar sometidos a un programa de mantenimiento que permita conocer y controlar su fiabilidad.

#### *Instrumentos para medida de la temperatura*

Dado que la temperatura suele ser la variable operativa más crítica de un proceso, a continuación se exponen algunas consideraciones relativas a la selección e instalación de sensores de temperatura.

En sistemas en los que existe riesgo de incendio o explosión deben instalarse sensores de temperatura redundantes y que se basen en diferentes principios de funcionamiento. Por ejemplo: en un reactor en el que se realiza una reacción con riesgo de "dispararse" se deben instalar dos sensores de temperatura, un termopar y un detector de temperatura por radiación.

La situación de los sensores es de la mayor importancia para que su resultado coincida con la temperatura a que se está realizando el proceso y no den falsas indicaciones sobre condiciones peligrosas. Por ejemplo: en un depósito con agitación y refrigeración conviene situar los sensores alejados de los serpentines de refrigeración. Los sensores deben colocarse en tuberías o recipientes en los que exista agitación del fluido y no en zonas de flujo estancado.

Los elementos sensores se suelen instalar en fundas para protegerlos de los efectos agresivos del fluido y para facilitar las operaciones de mantenimiento. Deben tenerse en cuenta los efectos de la corrosión y de la degradación térmica sobre la funda.

Los sensores de temperatura de las torres de destilación deben colocarse en el fondo de los platos si lo que interesa medir es la temperatura de la fase líquida, o inmediatamente encima del plato si se desea medir la temperatura del vapor. La temperatura del líquido del fondo o del vapor de cabeza deben medir-

se en las conducciones inferior y superior de la torre. En las torres de relleno los sensores de temperatura deben colocarse de forma que indiquen la temperatura del lecho.

Es importante controlar la respuesta del sensor para que permita un margen de seguridad suficiente, especialmente cuando la velocidad de aumento de la temperatura pueda ser elevada.

#### *Instrumentos de medida de la presión*

Los indicadores de presión deben situarse lo más próximo posible a los puntos de interés y pueden indicar la presión tanto en las tuberías como en los recipientes. No deben colocarse en tuberías que puedan ser obturadas en el curso normal de las operaciones. Tampoco sería oportuno utilizar un medidor de presión como elemento de control cuando, por ejemplo, se trata de controlar el flujo de aire de agitación de un reactor, en cuyo caso sería necesario un medidor de caudal.

Se indican a continuación algunas consideraciones de seguridad a tener en cuenta: si se utilizan fluidos corrosivos o pastas, se debería colocar un diafragma para evitar la entrada del fluido en la cámara de medida; si se utiliza un sello químico, habría que tener en cuenta la compatibilidad entre el material del sello y el fluido de proceso, mientras que si en operación normal la presión es pulsante, debería utilizarse un sistema amortiguador o un manómetro previsto para este tipo de operación. La conexión de la unidad de medida debe situarse fuera de áreas de turbulencia, normalmente, como mínimo, diez diámetros aguas abajo de la válvula o de cualquier obstrucción.

Es necesario tomar medidas para evitar la condensación de vapores y/o la congelación de líquidos o la presencia de sólidos que pueden obstruir la cámara de medida.

#### *Indicadores de flujo*

Existen sistemas de indicación de flujo de muchos tipos, por lo que la selección en cada caso se tomará teniendo en cuenta el fluido de proceso, el rango de medida, la pérdida de carga, la precisión y la seguridad.

Los medidores de tipo *orificio* situados en conductos horizontales pueden obstruirse o dar indicaciones falsas si la corriente de líquido, vapor o gas contiene impurezas sólidas, por lo que es preferible instalar este tipo de medidores en conductos verticales con el flujo de líquido hacia arriba o el de vapor o gas hacia abajo. Los *rotámetros* con camisa de vidrio no deben usarse si se utilizan productos peligrosos o tóxicos. Los indicadores de caudal no intrusivos, como los basados en el efecto Doppler que se colocan en el exterior de las conducciones, son intrínsecamente seguros.

te seguros, aunque en general su precisión es menor y en algunos fluidos no son aplicables.

#### *Indicadores de nivel*

Se utilizan de muchos tipos intrusivos tales como: flotadores, de presión diferencial, borboteadores de gas, niveles de vidrio, etc.; y también no intrusivos: magnéticos, ultrasonidos, microondas y fibras ópticas. Los indicadores deben ser redundantes en depósitos que contengan fluidos peligrosos o tóxicos y, en este caso, no deben usarse los clásicos de columna de vidrio. Por otro lado, los recipientes que se llenen mediante bombeo desde un punto remoto deben tener una protección al sobrelleñado mediante un indicador de nivel que actúe sobre una válvula de corte en la línea de alimentación del fluido.

#### *Monitores para la detección de gases*

La detección rápida de cualquier fuga de un proceso es una medida de prevención de importancia evidente; para ello se sitúan medidores de la concentración ambiental de un gas o vapor en puntos seleccionados, generalmente conectados a una central de control y alarmas en la que se indicará, de forma inmediata, la presencia anormal de un producto químico en el aire y se podrán adoptar las medidas adecuadas lo más rápidamente posible para evitar el accidente. El sistema de alarma debe proporcionar, por lo menos, una señal acústica y sonora en la sala de control; si está previsto el control de varios puntos, la señalización de alarma debe indicar cuál es el punto en que se genera la misma. Todo sensor de gas debe reunir las condiciones siguientes: poder ser calibrado en su emplazamiento, ser de fácil operación para su revisión y mantenimiento, cumplir los requisitos de seguridad y eléctricos que le sean de aplicación en la instalación y tener una ubicación protegida contra las inclemencias del tiempo, las agresiones físicas y químicas y contra la acumulación de polvo.

---

#### **Control de fugas y derrames de productos tóxicos**

La liberación de sustancias tóxicas en un proceso puede presentarse de muchas formas, desde una liberación brusca de corta duración y gran cantidad de sustancia hasta una pequeña fuga continua. Ambas situaciones generan riesgo, cuya magnitud dependerá de las propiedades del producto y de la cantidad liberada, así como de las condiciones en que se pueda producir una exposición al mismo.

Esencialmente el control de fugas implica la concepción, construcción y mantenimiento de las instalaciones con un elevado grado de contención (mayor cuanto mayor sea la toxicidad).

dad de los productos manipulados), así como la posibilidad, en su caso, de la neutralización de la fuga *in situ* y la evacuación del personal de la zona afectada.

Algunas medidas de contención aplicables, y que ya se han tratado en el capítulo dedicado al almacenamiento, son: diseño de recipientes y tuberías de pared doble con indicadores de nivel o de presión en la cámara intermedia, recomendable especialmente en canalizaciones enterradas y en ámbitos de difícil control, cubetos para contener los derrames de los tanques de almacenamiento, juntas y estopadas de diseños especiales y sistemas de transferencia a tanques de reserva preparados para recibir los contenidos de proceso cuando se detecta una fuga en el mismo.

Los elementos de lucha contra derrames son muy variados y dependen, básicamente, del estado físico en que se presenta el material, de la cantidad, de su toxicidad y del peligro de incendio o explosión. Los métodos de tratamiento de *derrames líquidos* generalmente se basan en un sistema de contención del líquido derramado y la utilización de algún producto absorbente o el bombeo del derrame hasta un contenedor, según las características del líquido. En casos de vertidos de cantidades no elevadas, como puede ocurrir en un laboratorio, es especialmente adecuada la utilización de absorbentes (o adsorbentes) y neutralizadores generales o específicos de los que es importante disponer en reserva, adecuados a los productos manipulados. Los adsorbentes presentan la ventaja de que, además de retener al líquido vertido, en espacios cerrados adsorben los vapores desprendidos, especialmente en el caso de disolventes y mercurio. La utilización de serrín debe descartarse siempre, a no ser que se trate de una solución acuosa no corrosiva. El personal que realice la operación debe estar específicamente entrenado para este trabajo y debe disponer de los elementos de lucha adecuados, así como de las protecciones personales y equipos de autosalvamento que deberán utilizar. El procedimiento a emplear debe constar por escrito y es conveniente que se contemple en un apartado del plan de emergencia de la instalación o empresa y, en consecuencia, es necesaria la realización de ejercicios o simulacros para mantener un elevado nivel de eficacia en la tarea de contención y recogida de los derrames. En todo caso los derrames de sustancias peligrosas, para las personas o el medio acuático, no deberán poder acceder a desagües y/o a cauces públicos sin que previamente se les haya realizado un tratamiento adecuado.

Las *fugas de gas* son difíciles de controlar. Si tienen lugar en el exterior, pueden dar lugar a nubes tóxicas o explosivas, pu-

LAS FUGAS Y DERRAMES DE PRODUCTOS QUÍMICOS SON EL ORIGEN DE UNA PARTE IMPORTANTE DE ACCIDENTES GRAVES EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

diendo entrar su tratamiento y control dentro del campo de la protección y prevención frente a accidentes mayores. La acción inmediata es siempre reducir la fuga y, cuando sea necesario, organizar la evacuación del personal. Se pueden instalar sistemas de rociado con agua con la intención de crear una cortina que mantenga la fuga controlada y se produzca un lavado del aire contaminado, pero no son aplicables a todos los gases. Esta dificultad de contención de las fugas de gases es el motivo por el cual en los procesos en los que puedan producirse hay que extremar las medidas de control para evitarlas, ya que, si éstas se producen, la única solución operativa suele ser evacuar la zona y procurar que la cantidad fugada sea la mínima posible. La necesidad de poner a punto un plan de emergencia, cuando en un proceso se manipulan productos tóxicos que pueden dar ocasión a una fuga de gas, es evidente.

Cuando la fuga tiene lugar en un interior, la medida inmediata también es su reducción, operación para la cual pueden requerirse equipos de autosalvamento. Una vez evacuado el local, o paralelamente a la evacuación, pueden aplicarse medidas de ventilación, a ser posible de emergencia y que contemplen las características de peligrosidad del gas fugado (inflamable-explosivo, tóxico o asfixiante simple), así como su densidad en el caso de que la cantidad fugada sea importante.

Una medida de carácter general en tales situaciones es disponer de suficientes válvulas de seccionamiento accionadas a distancia de la instalación para aislar zonas y limitar la cantidad fugada. Si la fuga proviene de una bombona de gas, existe también la posibilidad de su traslado al aire libre hasta su vaciado total, mientras que, si se inflama el gas fugado, se deberá intentar cortar la fuga por cualquier medio y alejar de la misma el material inflamable o combustible presente en el local.

---

**Duchas de seguridad y fuentes lavaojos**

El sistema más habitual de actuación para casos de proyecciones o salpicaduras, quemaduras químicas e, incluso, si se prende fuego en la ropa, es la utilización de duchas, que junto con los lavaojos pueden disponerse como equipo conjunto o de manera separada. Seguidamente se resumen, a modo de recomendación, las características principales que deben reunir las duchas de seguridad y las fuentes lavaojos.

***Situación del sistema***

Es recomendable que el lugar elegido para la instalación del sistema se encuentre a una distancia no muy superior a 8-10 m de los puestos de trabajo que presenten riesgos que puedan requerir su utilización, al objeto de que una posible proyección o salpicadura a los ojos pueda ser atendida en menos de 15 se-

gundos. Asimismo, deberá ser fácilmente visible y accesible y, en consecuencia, señalizado; no deberá tener en sus proximidades enchufes ni aparatos eléctricos y es recomendable que esté situado en dirección a la salida habitual del recinto y la zona de ubicación libre de materiales, aparatos y productos. Las duchas de seguridad se pueden instalar encima de las puertas y en los pasillos, debido a que no ocupan prácticamente espacio útil y ello permite cubrir la emergencia de locales cercanos que carecen de ellas. La instalación de fuentes lavaojos en los pasillos, en cambio, puede significar un entorpecimiento en caso de evacuaciones de emergencia.

LAS DUCHAS DE SEGURIDAD Y LAS FUENTES LAVAJOJS SON EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA FUNDAMENTALES FRENTE AL RIESGO QUÍMICO

#### *Características de las duchas de seguridad*

A continuación se resumen las características que, de una manera general, se recomiendan para las duchas de seguridad (figura 8):

- a)** La distancia del suelo a la base de la cabeza de la ducha debe ser de 2,1 m a 2,3 m, la del suelo al pulsador, próxima a los 2 m, y debe estar separada de la pared entre 60 cm y 70 cm.
- b)** Debe disponer siempre de desagüe, ya que su ausencia implica que, en la práctica, no se realicen ensayos periódicos sobre su funcionamiento.
- c)** La ducha deberá proporcionar un caudal de agua capaz de empapar al sujeto de forma inmediata, siendo lo suficientemente amplia como para acomodar a dos personas si fuese necesario.
- d)** El agua suministrada deberá ser potable, siendo recomendable que sea templada (entre 20 °C y 35 °C) para evitar el riesgo que supone enfriar a una persona quemada o en estado de *shock*. También se evita de esta manera, en aquellas zonas en las cuales el agua de red presente temperaturas bajas, que la poca aceptación del agua fría cause una eliminación insuficiente del contaminante.
- e)** El cabezal deberá tener no menos de 20 cm de diámetro y los agujeros deben ser lo suficientemente gruesos como para que no se obstruyan fácilmente con los depósitos calcáreos. Su rosca de entrada no debe ser inferior a 25,4 mm (1 pulgada) de diámetro. En ocasiones, se pueden asociar varias de menor diámetro de forma que se consiga una superficie de riego semejante a la anterior.
- f)** Las llaves de paso general del agua de la instalación deben estar situadas en un lugar no accesible para el personal, al

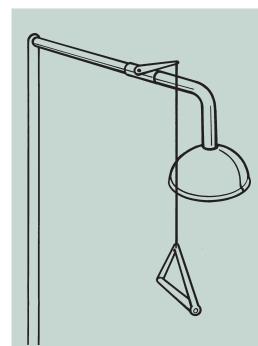


Figura 8. Ducha de seguridad

objeto de evitar que se corte el suministro porque aparezcan fugas. Estas llaves deben cerrarse exclusivamente en el momento de efectuar la reparación, indicando que la ducha se halla fuera de servicio. Cualquier anomalía debe ser comunicada y solucionada lo más rápidamente posible.

**g)** La válvula de apertura debe ser de accionamiento rápido, no deben utilizarse los grifos convencionales. El pulsador-accionador debe ser fácilmente atrapable. Así, los modelos más adecuados son los que constan de un accionador triangular unido al sistema mediante una barra rígida (mejor que con cadena) y sin retorno automático.

**h)** Los pulsadores de pie no suelen utilizarse en las duchas, por la facilidad de que se pisen inadvertidamente dando lugar al accionamiento del sistema y a tropezones y caídas. Una excepción son las duchas que se accionan al situarse la persona sobre una plataforma que forma parte del sistema, actuando como pulsador automático.

**i)** Un dispositivo muy conveniente es el que, al ponerse en funcionamiento la ducha, activa un sistema de alarma acústica o visual en las áreas inmediatas, al objeto de que el resto del personal se entere de que existe un problema y pueda acudir en auxilio. Este dispositivo presenta la ventaja complementaria de que favorece que sólo se utilice en casos de emergencia.

**j)** En caso de que la probabilidad de su uso sea muy baja, las duchas colocadas en los vestuarios o servicios, si están situados suficientemente próximos al puesto de trabajo, pueden realizar las funciones subsidiarias de las duchas de seguridad, siendo especialmente indicadas en casos de pequeñas quemaduras o salpicaduras en la ropa, ya que, al hallarse fuera de la vista, permiten a la persona afectada despojarse de la misma sin ningún tipo de complejos; en este caso es conveniente que, al menos una de las duchas disponibles en los vestuarios o servicios, esté preparada al efecto. También es recomendable colocarlas en huecos de los pasillos o zonas de paso, señalizándose en todo caso siempre su existencia a la entrada del área donde se encuentren.

#### *Características de las fuentes lavaojos*

Para las fuentes lavaojos (figura 9) se establecen las recomendaciones siguientes:

**a)** Deben disponer de dos rociadores o boquillas capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara. La separación entre las boquillas es recomendable que esté comprendida entre 15 cm y 20 cm. Deben disponer de

una pileta de 25 cm a 35 cm con el correspondiente desagüe y un pie para soporte, en el caso de que no estén adosadas a la pared.

**b)** Deben poderse accionar mediante un pedal. Existen modelos que incluyen también un dispositivo que permite suaccionamiento mediante el codo (las manos estarán ocupadas para mantener los párpados separados durante el lavado).

**c)** El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de agua limpia y potable, preferiblemente templada y debe ser de baja presión ( $\leq 1 \text{ kg/cm}^2$  aproximadamente) para no provocar lesiones o dolor innecesario, ya que el lavado, en caso de sustancias corrosivas, debe prolongarse de diez a 20 minutos.

#### *Mantenimiento de la instalación*

La existencia de duchas y fuentes lavaojos como elementos de protección no implica que los aspectos de seguridad por ellos cubiertos se den por cerrados, sino que, exactamente igual que ocurre con otros elementos de prevención y protección, requieren un programa permanente de control y mantenimiento. En este sentido, se debe comprobar diariamente que hay agua en la ducha y en la fuente lavaojos y se debe establecer un programa de revisión periódica del estado general de la instalación (válvulas, desagüe, flujo suministrado y limpieza general, especialmente depósitos calcáreos en boquillas de duchas y lavaojos). La periodicidad de las revisiones se puede fijar, por ejemplo, en función del programa de inspecciones de seguridad establecido. Deben establecerse mecanismos para que cualquier corte del agua de la instalación general sea comunicado inmediatamente al objeto de que se tomen las precauciones oportunas. El personal deberá conocer perfectamente la ubicación de las duchas de seguridad y fuentes lavaojos, cómo se ponen en funcionamiento, los métodos de descontaminación adecuados en cada caso (tiempo de lavado, quitar o no quitar la ropa) y las acciones de primeros auxilios y actuaciones complementarias en casos de emergencia. El personal, asimismo, debería ser entrenado para poder llegar a los lavaojos con los ojos cerrados.

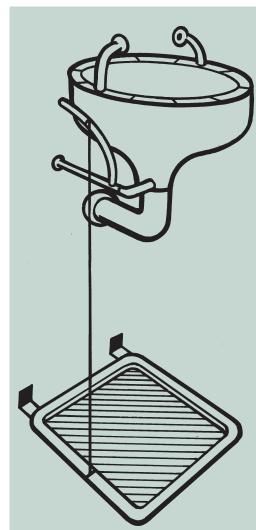


Figura 9. Fuente lavaojos



# Incendios y explosiones

# 14

## INTRODUCCIÓN

Este capítulo se estructura en dos grandes apartados. En el primero se exponen de forma detallada las características físico-químicas de peligrosidad relacionadas con incendios y explosiones, tanto las incluidas en el RD 363/1995 (anexo VI) como otras complementarias que se pueden encontrar en la ficha de datos de seguridad y que también es importante tener en cuenta.

En el segundo gran apartado se incluyen las medidas de prevención y protección de incendios y explosiones.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS RELACIONADAS CON INCENDIOS Y EXPLOSIONES

Las categorías de peligrosidad de los productos químicos asociadas a incendios y explosiones son *explosivos*, *comburentes* e *inflamables (3 niveles)* cuya descripción se ha efectuado con anterioridad, según las definiciones del RD 363/1995, comentando en los capítulos 2 y 8. En los apartados que siguen se describen las características físico-químicas principales y las frases de riesgo que se deben considerar, así como parámetros y otras particularidades que definen la capacidad de provocar incendio o explosión por este tipo de acciones.

Corresponden a las sustancias sólidas o pastosas que presentan peligro de explosión cuando se exponen al efecto de una llama (sensibilidad térmica) o a un choque o fricción (sensibilidad a estímulos mecánicos), y a las sustancias líquidas que presentan peligro de explosión cuando se exponen al efecto de una llama o un choque. El método de ensayo permite evaluar la

**Propiedades explosivas**

probabilidad de inicio de una explosión debido a algunos estímulos corrientes. El ensayo de sensibilidad a la fricción no es necesario con las sustancias líquidas.

La sensibilidad térmica consiste en calentar la sustancia en un tubo de acero cerrado por placas horadadas con agujeros de diferentes diámetros, para determinar si la sustancia puede hacer explosión en condiciones de calor intenso y un confinamiento determinado. La sensibilidad mecánica al choque consiste en someter la sustancia al choque producido por una masa especificada que se deja caer desde una altura también especificada. La sensibilidad mecánica a la fricción consiste en someter la sustancia sólida o pastosa a una fricción entre superficies tipo, en condiciones específicas de carga y movimiento relativo.

En la etiqueta de las sustancias y preparados que producen explosión en estos ensayos aparece la frase R2 cuando se clasifican con riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición. Ejemplos con esta frase de riesgo son el trinitrotolueno, nitrato de etilo y dicloroacetileno. La frase R3 está reservada para alto riesgo de explosión por las mismas causas y se aplica a sustancias y preparados especialmente sensibles, tales como las sales del ácido pícrico, tetranitrato de pentaaeritritol (pentrita), nitrato de celulosa (nitrocelulosa) y difulminato de mercurio.

Existen sustancias que tienen propiedades explosivas y tienen asignadas las frases de riesgo R1, R4, R5, R6, R16, R19 y R44. Su significado está descrito en el Anexo III del RD 363/1995. En el Anexo VI se indican, además de ese significado, unos criterios interpretativos de esas frases con ejemplos de sustancias. Así la nitrocelulosa tiene las frases R3 y R1.

---

**Propiedades comburentes**

Las sustancias sólidas con estas propiedades aumentan el riesgo de incendio y explosión, por activación de las reacciones de combustión. Se les asigna el símbolo "O" y las frases de riesgo R7 Puede provocar incendios, R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles o R9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles. Para estas sustancias es conveniente disponer de información previa sobre sus posibles propiedades explosivas antes de proceder al ensayo de las propiedades comburentes. El ensayo para determinar estas propiedades no es aplicable a líquidos, gases, sustancias explosivas o fácilmente inflamables ni a los peróxidos orgánicos.

---

**Propiedades peligrosas de los peróxidos**

Los peróxidos son sustancias, en general, inestables debido a la existencia de enlaces covalentes débiles, tipo R-O-R' o R-O-O-R'. Generalmente se comportan como sustancias comburentes. En

contacto con material combustible pueden provocar incendios o incluso explosiones. Un peróxido muy conocido es el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ).

Se deben distinguir los *peróxidos*, que de por sí tienen una peligrosidad intrínseca, de las *sustancias peroxidables*, que son aquellas que pueden convertirse en peróxidos por reacciones de autooxidación en presencia de luz y oxígeno atmosférico. Esto puede ocurrir con muchas sustancias orgánicas, tales como el ciclohexano, tetrahidrofurano, éter dietílico, éter isopropílico, etc.

Las sustancias y preparados que se autooxidan y pueden formar peróxidos explosivos tienen asignada la frase R19 y entre ellos se puede incluir el éter dietílico y el 1,4-dioxano. Aparte de los éteres también están los aldehídos, compuestos con hidrógenos bencílicos o alílicos y compuestos de estructura H-CR<sub>3</sub>. Los compuestos que polimerizan inician la reacción por formación de peróxidos. Se considera especialmente peligrosa la formación de peróxidos a partir de éteres. Existen compuestos que tras formar peróxidos pueden dar lugar a explosiones como los citados éter dietílico y dioxano. Otras sustancias al pasar a peróxidos explotan sin más, tales como el potasio metal, amida de potasio, amida de sodio, cloruro de vinilo o éter isopropílico.

Respecto a las propiedades explosivas, todo peróxido orgánico o preparado que lo contenga se clasificará según los criterios del Anexo VI y los ensayos del Anexo V del RD 363/1995.

Respecto a las propiedades comburentes, los métodos actuales de ensayo del Anexo V no pueden aplicarse a los peróxidos orgánicos.

Los peróxidos orgánicos que no hayan sido clasificados previamente como explosivos siguiendo los ensayos del Anexo V, se clasificarán como peligrosos en función de su estructura. A los peróxidos orgánicos sólo se les puede aplicar la frase R7 Puede provocar incendios.

Los preparados con contenido de peróxidos orgánicos que no hayan sido clasificados previamente como explosivos siguiendo los ensayos del Anexo V, se clasificarán aplicando el método de cálculo basado en el contenido en oxígeno disponible o porcentaje de oxígeno activo, que viene dado por la fórmula:

$$\% \text{ oxígeno activo o disponible} = 16 \cdot \sum(n_i c_i / m_i)$$

donde:

$n_i$  = número de grupos peróxido por molécula del peróxido orgánico i

$c_i$  = concentración (peso %) del peróxido orgánico i

$m_i$  = peso molecular del peróxido orgánico i

Si este cálculo da más del 0,5% de oxígeno disponible procedente de los peróxidos orgánicos, y contiene más del 5% de peróxido de hidrógeno, se clasificará como comburente. También se clasificará como comburente si el peróxido orgánico o preparado que lo contenga o su formulación contiene más del 5% de peróxidos orgánicos y no ha sido clasificado previamente como explosivo. De las frases asignadas para los comburentes y sus criterios sólo le es aplicable la R7 Puede provocar incendios.

Los peróxidos tienen aplicaciones muy variadas como tintes, combustibles de cohetes, obtención de epóxidos, desinfectantes, etc.

#### **Inflamabilidad de sólidos. Velocidad de combustión**

Las características de peligrosidad por inflamabilidad de sólidos se presentan principalmente en sustancias en polvo, granulosas o pastosas. Se considerarán fácilmente inflamables aquéllas cuya velocidad de combustión sobrepase un cierto límite, lo cual equivale a un tiempo de combustión inferior a 45 segundos. El ensayo se realiza depositando una muestra de sustancia en polvo o granulosa en un molde de 250 mm de longitud de sección triangular de 10 mm de altura y 20 mm de anchura. Las sustancias pastosas se extienden sobre una superficie no combustible, no porosa y de baja conductividad térmica, formando un cordón de 250 mm de longitud y alrededor de 1 cm<sup>2</sup> de sección. Los polvos metálicos y aleaciones metálicas se consideran fácilmente inflamables cuando puedan encenderse y la llama o la zona de reacción se extienda a toda la muestra en un tiempo máximo de 10 minutos.

Estas sustancias tienen asignada la frase R11 Sustancias y preparados sólidos susceptibles de inflamarse fácilmente después de un breve contacto con una fuente de ignición y que continúan ardiendo o consumiéndose después de la eliminación de dicha fuente. Por ejemplo el fósforo rojo. Esta sustancia también tiene asignada la frase R16 ya que puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.

#### **Inflamabilidad de líquidos**

La combustión de un líquido ocurre en la fase de vapor cuando está mezclado con aire en las concentraciones del rango de inflamabilidad. La ignición puede originarse por una fuente de ignición o por una temperatura elevada de la mezcla vapor-aire.

El grado de peligrosidad según la inflamabilidad se clasifica según el RD 363/1995 en:

- Extremadamente inflamables con símbolo “F+” y frase R12. Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 0°C y su punto de ebullición sea inferior o igual

a 35°C. Ejemplo: el éter etílico, líquido incoloro con punto de inflamación -45°C y punto de ebullición 35°C.

- Fácilmente inflamables con símbolo “F” y frase R11. Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 21°C, pero que no sean extremadamente inflamables. Ejemplos: el metacrilato de metilo, líquido incoloro con punto de inflamación (p.i.) 10°C y punto de ebullición (p.e.) 101°C y el alcohol etílico absoluto con p.i. 13°C y p.e. 78°C. Una disolución al 40% en volumen de esta sustancia en agua tiene un p.i. 26°C.
- Inflamables con frase R10. No requieren el símbolo “F”. Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea igual o superior a 21°C, e inferior o igual a 55°C. Ejemplos con esta frase son: el p-xileno, con punto de inflamación 27°C, el estireno con punto de inflamación 32°C y el alcohol butílico (1-butanol), con 29°C.

También conocido como “temperatura de inflamación, punto de ignición (Norma UNE-EN 1127-1) o punto de destello” (*flash point*, en inglés). Es la temperatura mínima, a la presión ambiental de una atmósfera, a la que una sustancia combustible, en contacto con el aire, desprende la cantidad suficiente de vapor para que se produzca la inflamación de la mezcla vapor-aire mediante el aporte a la misma de una energía de activación externa. El punto de ignición es un parámetro de peligrosidad definido para sustancias en estado líquido combustibles e inflamables. La Instrucción Técnica Complementaria (ITC) MIE-APQ 1 define el líquido combustible como aquél cuyo punto de inflamación es igual o superior a 55°C y el líquido inflamable como aquél cuyo punto de inflamación es inferior a 55°C.

#### Punto de inflamación

LOS INCENDIOS Y EXPLOSIONES ESTÁN RELACIONADOS CON LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS PRODUCTOS

En los ensayos de determinación de esta característica en líquidos se emplea como fuente de ignición una pequeña llama y el ensayo puede realizarse en copa cerrada o abierta, que simula las condiciones de un recipiente de trabajo cerrado o abierto. En el primero la inflamación ocurre a una temperatura ligeramente inferior al ensayo en copa abierta, porque en la proximidad de la superficie del líquido se alcanza antes la concentración de vapores necesaria para que tenga lugar la inflamación en presencia de la fuente de ignición.

Si la temperatura de un líquido está por debajo de su punto de inflamación, no puede existir una concentración de vapor inflamable. El punto de inflamación está siempre por debajo de la temperatura de ebullición y caracteriza la peligrosidad

de un líquido inflamable. Los líquidos con punto de inflamación bajo presentan mayor peligrosidad, ya que a la temperatura ambiente de trabajo desprenderán mayor cantidad de vapor. Así por ejemplo la gasolina, que tiene un punto de inflamación de -38°C a -46°C según composición y octanaje, ya comienza a desprender vapores inflamables en concentraciones peligrosas a bajas temperaturas y en cambio el gasóleo necesita alcanzar una temperatura mínima de unos 60°C a 65°C para despender suficientes vapores que se inflamen con un foco de ignición.

El punto de inflamación disminuye en zonas de altitud superior al nivel del mar, debido a la disminución de la presión atmosférica. Por ejemplo, el tolueno con punto de inflamación de 4°C a presión atmosférica a nivel del mar, desciende al valor de 1°C en la ciudad de Denver, estado de Colorado en EE.UU., por estar a una altitud de 1625 m y a una presión atmosférica media de 627 mmHg (836 hPa).

Se debe destacar que, si se forman nieblas, pueden inflamarse a temperaturas inferiores al punto de inflamación. Esas nieblas se pueden originar por refrigeración o por pulverización. Esta situación de peligro también puede suceder con espumas.

Para gases inflamables el concepto de punto de inflamación o ignición no se aplica, porque a las temperaturas ambientales de trabajo ya se encuentran en estado gaseoso. El gas se mezcla inmediatamente con el aire y sólo es necesario que se alcance una concentración en el aire determinada y se aporte una energía de activación suficiente para que se inicie la reacción de combustión.

Para sólidos combustibles tampoco se considera este parámetro. Algunos sólidos pueden contener sustancias volátiles inflamables y por calentamiento dar lugar a su desprendimiento e inflamación con una fuente de ignición. Entre los sólidos con esta propiedad se podrían citar maderas, carbones, etc. Para estos productos no suele encontrarse este parámetro en la bibliografía. En caso de ser una sustancia o preparado que, sin estar clasificado como líquido inflamable con frase R10, contuviera compuestos volátiles inflamables en el aire, tendría asignada la frase R18 Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.

---

#### Temperatura de autoignición

También conocida como “punto de autoencendido, autoinflamación o autoignición” (*autoignition point*, en inglés). Se define como la temperatura mínima, a la presión ambiental de una atmósfera, a la que una sustancia, en contacto con el aire, arde espontáneamente sin necesidad de aplicar ninguna fuente de ignición puntual (llama, chispa, etc.) a la mezcla, ya que con

esta temperatura se alcanza la energía de activación suficiente para que se inicie la reacción. La temperatura de autoignición (TAI) de líquidos siempre es muy superior a la temperatura de ebullición. Una sustancia con una temperatura de autoignición excepcionalmente muy baja es el disulfuro de carbono con un valor de 90°C a 100°C según diversas fuentes bibliográficas. Para la gasolina se dan valores desde 280°C a 456°C, según sea su composición y octanaje, y para el gasóleo, 338°C. En caso de disponer de valores dispersos es conveniente tomar el menor en aras de la seguridad.

La temperatura de autoignición depende de muchos factores tales como el volumen del recipiente de ensayo, el tiempo que tarda en aparecer la autoignición, la concentración de vapores, factores ambientales (presión y contenido de oxígeno), presencia de catalizadores y condiciones del flujo. Se deben indicar las condiciones del ensayo. La variación en cualquier factor da lugar a temperaturas de autoignición diferentes.

La temperatura de autoignición de la mayoría de sustancias y preparados combustibles oscila entre 350°C y 500°C, temperaturas relativamente fáciles de alcanzar ante la exposición prolongada al fuego. En el Anexo V del RD 363/1995 se describen los ensayos de las temperaturas de autoinflamación de líquidos y gases, por una parte, y, por otra, un ensayo para los sólidos. Autoinflamación y autoignición son términos sinónimos. Es un parámetro que suele estar indicado en las fichas de datos de seguridad. No va asignado con ninguna frase R, ya que esa temperatura implica la destrucción de la sustancia por combustión. Los riesgos asociados a cada frase corresponden normalmente a acciones a temperatura ambiental y presión atmosférica.

La temperatura de autoignición es un parámetro que se debe tener en cuenta para fugas o contactos de sustancias con superficies muy calientes y en reacciones que generan calor y tienen dificultad para disiparlo en el ambiente. Los motores eléctricos y otros equipos de proceso deben tener sus temperaturas máximas de trabajo inferiores a la temperatura de autoignición de los productos que puedan entrar en contacto y con la adopción de un margen de seguridad.

Es un fenómeno de oxidación lenta asociado a un desprendimiento de calor que lleva a la autoignición cuando el calor no puede ser disipado adecuadamente y se alcanza la temperatura de autoignición. El fenómeno se puede presentar con líquidos de volatilidad baja. También en aislamientos térmicos impregnados con fugas de aceites. En estos casos el material del aislamiento, generalmente de fibras afieltradas, proporciona una

#### Autooxidación

superficie grande de contacto para que se produzca la oxidación y no pueda disiparse el calor desprendido. La temperatura va aumentando hasta ocasionar la autoignición. Esta situación es similar a los clásicos incendios de trapos impregnados en aceite y de almacenamientos de forrajes húmedos. Las autoigniciones pueden ocurrir al poco tiempo de la impregnación o pueden tardar meses, dependiendo de complejos procesos químicos y físicos.

Se pueden emplear los métodos siguientes para reducir las absorciones de aceites en los materiales de aislamiento térmico:

- Instalación de todas las válvulas con los vástagos en posición horizontal en caso de que sea factible, de forma que las fugas goteen fuera del aislamiento.
- Instalación de canaletas de chapa metálica para conducir las fugas y evitar que caigan sobre el aislamiento.
- Instalación de un calorifugado con material resistente al fuego y con recubrimiento metálico para su fijación.

Todo aislamiento térmico que se haya impregnado de aceites debería ser desmantelado con prontitud.

Estas situaciones deben preverse con las especificaciones correctas de materiales resistentes a los fluidos transferidos, de juntas, estopadas, sellados, etc. tal que se garantice que no van a existir problemas de fugas, ya que en instalaciones con aislamientos son más difíciles y costosos de solucionar.

#### Inflamabilidad de gases

Los gases inflamables en las condiciones ambientales entran en el grado de mayor peligrosidad por la facilidad en mezclarse con el aire y formar una mezcla inflamable o una atmósfera explosiva.

El RD 363/1995 los clasifica como *extremadamente inflamables* con símbolo “F+” y frase R12 y los define como sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en contacto con el aire a temperatura y presión normales. Para su ignición requieren una fuente de ignición (chispa, llama, etc.). Ejemplo: el hidrógeno H<sub>2</sub>.

Esta característica de inflamabilidad no debe confundirse con la de sustancias y preparados que reaccionan con el agua liberando gases extremadamente inflamables, como el sodio (Símbolo “F” y frase R15) que reacciona con el agua y desprende hidrógeno, ni tampoco con los gases que están entre las sustancias y preparados que se inflaman espontáneamente en contacto con el aire y que se clasifican como fácilmente inflamables con símbolo “F” y frase R17. Ambas características se comentan en el apartado dedicado a estas propiedades.

También conocidos como “límites de explosividad”. Se refieren a sustancias en estado gaseoso o a vapores de líquidos combustibles e inflamables. Existen dos límites: el Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) y el Límite Superior de Inflamabilidad (LSI). Delimitan los porcentajes mínimos y máximos de combustible en mezcla con el aire entre los cuales dichas mezclas son inflamables. Se expresan en tanto por ciento en volumen de mezcla combustible-aire. Un método de ensayo para ambos límites se describe en la norma ASTM E681.

El Límite Inferior de Inflamabilidad también se denomina “Límite Inferior de Explosividad” (LIE) y se define como la concentración mínima de vapor o gas en aire, por debajo de la cual la propagación de llama no ocurre en contacto con una fuente de ignición. Este límite está ligado con el punto de inflamación en copa o vaso cerrado de tal forma que este último se puede también definir como la temperatura a la cual la concentración de equilibrio de un vapor sobre un líquido inflamable es igual al límite inferior de inflamabilidad del vapor.

El Límite Superior de Inflamabilidad o de Explosividad (lse) se define como la concentración máxima de vapor o gas en aire por encima de la cual la propagación de llama no ocurre en contacto con una fuente de ignición. Corresponde a un punto de superior de inflamación (PSI) representado en la figura 1, pero no presentado en tablas de datos de inflamabilidad.

Las concentraciones entre ambos límites constituyen el denominado “Campo o Rango de Inflamabilidad”. Por ejemplo: el límite inferior de inflamabilidad del propano es 2,2% y el límite superior, 9,5%. El primero indica una mezcla de 2,2% en volumen de gas propano y 97,8% en volumen de aire y para el segundo, 9,5% y 90,5% de propano y aire, respectivamente.

Los límites de inflamabilidad que se presentan en la bibliografía sobre esta materia están dados a la temperatura ambiente y se debe tener en cuenta que al incrementar la temperatura se amplía el campo de inflamabilidad, de forma que el LIE disminuye y el LSE aumenta. La variación aproximada es de un 8% para un incremento de 100°C.

Se debe observar que a concentraciones por encima del límite superior de inflamabilidad pueden ocurrir las denominadas “llamas frías”, resultantes de una reacción relativamente lenta y apenas visible. Son debidas a la descomposición de hidroperóxidos, formados por oxidación de hidrocarburos de cadena larga a baja temperatura. Las fuentes breves de ignición como las chispas no suelen ocasionar este tipo de llamas. En el caso de proceso de hidrocarburos de cadena larga, un incremento de presión causa un incremento anormal del límite superior de

## Límites de inflamabilidad

inflamabilidad con la creación de una zona de llamas frías. La introducción de un gas inerte en una mezcla inflamable reduce el rango de inflamabilidad y a concentraciones de oxígeno inferiores a la Concentración Límite de Oxígeno (CLO) no es probable que ocurran las llamas frías. La CLO se define más adelante.

Según la definición dada anteriormente, la concentración correspondiente al límite inferior de inflamabilidad de cada líquido inflamable corresponde a la temperatura del punto de inflamación respectiva, que se puede también llamar "punto mínimo o inferior de inflamación (PII)". Del mismo modo la concentración del límite superior se establece a una temperatura denominada "punto máximo o superior de inflamación" (PSI). Tal como se ha dicho, en la práctica se consideran los valores de los límites de inflamabilidad dados en tablas para condiciones ambientales de 20°C a 25°C y 1 atmósfera.

Los ensayos a temperatura ambiente según el Anexo V del RD 363/1995 se realizan mediante bombas dosificadoras que introducen una mezcla de aire y gas de concentración conocida en un cilindro de cristal de un diámetro interior de al menos 50 mm y una altura mínima de 300 mm, que se dispone verticalmente. Los electrodos de ignición distan 3-5 mm uno del otro y están situados a 60 mm del fondo del cilindro. La fuente de ignición es una chispa inductiva producida por un transformador de alta tensión.

Cuando se precisen los límites de inflamabilidad o explosividad de gases y vapores de líquidos inflamables y no se conozcan por fuentes bibliográficas o fichas de datos de seguridad, se pueden determinar mediante el ensayo correspondiente a la Norma UNE-EN 1839.

En la figura 1 están representados los diferentes parámetros de inflamabilidad.

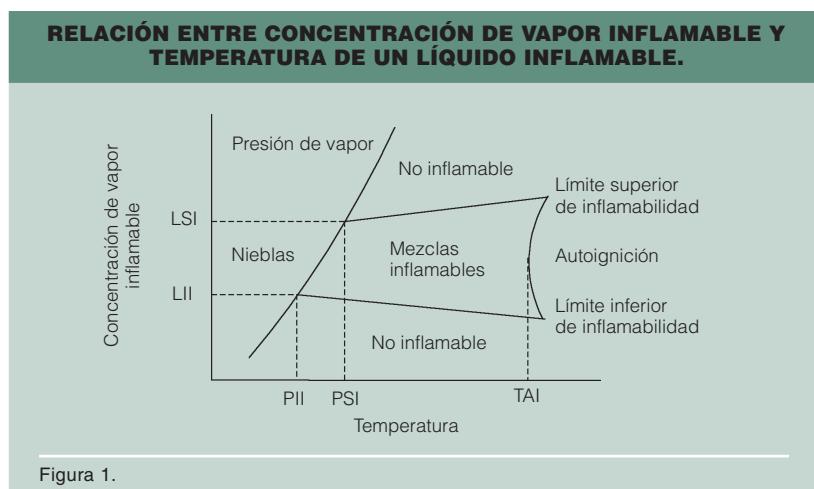


Figura 1.

*Límite inferior de inflamabilidad de mezclas inflamables. Regla de Le Châtelier*

Para calcular el Límite Inferior de Inflamabilidad o Explosividad de una mezcla de vapores o gases inflamables se puede aplicar la regla de Le Châtelier:

$$\text{LIEmezcla} = \frac{100\% \text{ v/v}}{\frac{C_1}{\text{LIE}_1} + \frac{C_2}{\text{LIE}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{LIE}_n}}$$

en donde  $C_1, C_2, \dots, C_n$  = % en volumen sobre el total de combustibles, tal que

$$C_1 + C_2 + \dots + C_n = 100$$

$\text{LIE}_1, \text{LIE}_2, \dots, \text{LIE}_n$  = Límites Inferiores de Explosividad de cada combustible en %v/v

Tal ecuación permite afirmar que la mezcla de sustancias combustibles o inflamables es más inflamable que cada uno de sus componentes por separado.

Entre otras mezclas, la regla se aplica bien para los límites inferiores de mezclas que contengan metiletilcetona y tetrahidrofurano. Comparando con ensayos reales se han observado desviaciones, por ejemplo con mezclas de sulfuro de hidrógeno  $\text{H}_2\text{S}$  y disulfuro de carbono  $\text{CS}_2$ . Esta regla se debería aplicar con discreción, especialmente con componentes de propiedades diferentes.

Indica el porcentaje mínimo de oxígeno para mantener la combustión. Recibe otros nombres como "Mínimo Oxígeno para Combustión" (MOC), "Contenido Máximo de Oxígeno" y "Concentración Máxima Permitida de Oxígeno". Varía según el gas inerte utilizado para reducir la concentración de oxígeno. Por ejemplo: la CLO para el propano es 11,5% inertizado con nitrógeno y 14% con dióxido de carbono. Cuando se utilice la inertización como medida de seguridad se debe rebajar la concentración de oxígeno por debajo de los valores CLO encontrados en la bibliografía.

Se puede consultar información adicional sobre éste y otros parámetros de peligrosidad de productos inflamables en la Nota Técnica de Prevención NTP-379.

Esta característica de peligrosidad indica si la reacción de una sustancia con el agua o el aire húmedo ocasiona el desprendimiento de una cantidad peligrosa de un gas o varios gases, que puedan ser fácilmente inflamables. Puede aplicarse tanto a sus-

---

**Concentración Límite de Oxígeno (CLO)**

---

**Inflamabilidad en contacto con el agua**

tancias sólidas como líquidas, pero no a las sustancias que se inflaman espontáneamente en contacto con el aire. Se consideran sustancias fácilmente inflamables las que en el ensayo desprenden una cantidad mínima de gases fácilmente inflamables de 1 L/(kg·h).

El ensayo de esta característica se realiza a temperatura ambiente en varias fases en las que se verifica el desprendimiento de gases y su inflamabilidad. Si la inflamación se produce en cualquiera de las fases del ensayo, no es necesario proseguir los ensayos. En la primera fase se introduce la sustancia en una cubeta con agua destilada. En la segunda se coloca la sustancia sobre un papel de filtro que flote sobre un recipiente lleno de agua destilada. En la tercera fase se forma con la sustancia una pila de 2 cm de altura y 3 cm de diámetro, se añaden algunas gotas de agua a la pila y se observa si el gas que se desprende se inflama o no. En una cuarta fase en un equipo de ensayo especificado se mide la producción de gas para ver si alcanza 1 L/(kg·h). Posteriormente si no se conoce la identidad química del gas, hay que someterlo al ensayo de inflamabilidad de gases.

Esta característica de inflamabilidad en contacto con el agua incluye sustancias y preparados clasificados como “Fácilmente inflamables” con el símbolo “F” y la frase R15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables. En la Nota Técnica de Prevención NTP-237 se trata esta característica de peligrosidad y se dan numerosos ejemplos de sustancias afectadas por este peligro.

---

**Reactividad con el agua**

Existen sustancias y preparados que reaccionan violentamente con el agua. Tienen asignada la frase R14. Estas reacciones violentas pueden dar lugar a proyección de salpicaduras, reacciones exotérmicas que lleguen a producir inflamación de los gases desprendidos, etc. Ejemplos citados en el Anexo VI del RD 363/1995 son el cloruro de acetilo, los metales alcalinos y el tetracloruro de titanio. Otro ejemplo es el hidruro de litio que al reaccionar con el agua puede a su vez ser una fuente de ignición e inflamar vapores de disolventes inflamables desprendidos en su proximidad y desencadenar un incendio de mayores proporciones.

Además de la lista de sustancias que se puedan encontrar en el Anexo I con la frase R14, se puede consultar la Nota Técnica de Prevención NTP-237 citada anteriormente.

---

**Propiedades pirofóricas de sólidos y líquidos**

Corresponden a las sustancias sólidas y líquidas que pueden inflamarse espontáneamente poco después de haber entrado en contacto con el aire a temperatura ambiente (alrededor de 20°C).

En el ensayo de esta propiedad se añade la sustancia sólida o líquida a un soporte inerte (por ejemplo, tierra de infusorios) depositado en una cubeta de porcelana y se pone en contacto con el aire durante un periodo de cinco minutos para ver si se inflaman. Si la sustancia líquida no se inflama, entonces se absorbe en papel de filtro y se expone al aire durante cinco minutos. Se considera que la sustancia es pirofórica si el sólido o líquido se inflama, o si el líquido se inflama o carboniza un papel de filtro. A estas sustancias les corresponde la frase R17 Se inflama espontáneamente en contacto con el aire. Un ejemplo de sólidos es el fósforo blanco y de líquidos el trimetil aluminio.

Algunos gases se inflaman espontáneamente en contacto con el aire. Están en el grupo de sustancias fácilmente inflamables con su pictograma, símbolo F y frase R17. Como ejemplos se pueden citar, la fosfina o fosfamina  $\text{PH}_3$  gas licuado a presión y el silano  $\text{SiH}_4$ , el diborano  $\text{B}_2\text{H}_6$ , el pentaborano  $\text{B}_5\text{H}_9$  y el decaborano  $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ . En algunas de estas sustancias no se ha encontrado la frase R17 por no estar en el anexo 1 del RD 363/1995. Debe asegurarse el conocimiento de este riesgo por la Ficha de Datos de Seguridad.

Otras características físico-químicas que se deben tener en cuenta son la *presión de vapor*, la *temperatura de ebullición* y la *temperatura de fusión*. También se deben considerar la *densidad de la sustancia respecto al agua*, la *densidad del vapor respecto al aire* y el *calor de combustión (poder calorífico)* del combustible (ver figura 2).

#### Presión de vapor y punto de ebullición

El efecto producido por las moléculas de vapor desprendidas de la superficie de un líquido en un recipiente cerrado es una fuerza por unidad de superficie de las paredes de dicho recipiente. Cuando se alcanza un equilibrio entre las moléculas que se escapan y las que retornan y son captadas por el líquido, se tiene la denominada “presión o tensión de vapor” a la temperatura correspondiente. Esta característica determina la volatilidad de un líquido.

La presión de vapor de un líquido en equilibrio con su vapor varía según la temperatura, siguiendo una gráfica en forma de curva. La temperatura en que la pre-

#### Propiedades pirofóricas de gases

#### Otras características físico-químicas

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS RELACIONADAS CON INCENDIOS Y EXPLOSIONES
Punto de inflamación (p <small>to</small> ignición, p <small>to</small> destello, “flash point”)
Límites inferior y superior de inflamabilidad (explosividad)
Temperatura de autoignición
Presión de vapor y punto de ebullición
Punto de fusión
Calor de combustión

Figura 2.

sión de vapor es igual a la presión atmosférica se denomina “punto de ebullición” y es un valor dado para la presión atmosférica de 1 atmósfera. Esta unidad de presión es equivalente a 1,01325 bar, 760 mmHg, 1,033 kg/cm<sup>2</sup> y a 14,7 psi (libra/pulgada<sup>2</sup>). La unidad en el Sistema Internacional SI es el pascal Pa y la unidad práctica es el bar, igual a 100 kPa.

Para pasar de la fase líquida a la fase vapor en el punto de ebullición, fenómeno que sucede a temperatura constante, se debe suministrar calor al líquido. El calor absorbido en el paso de 1 gramo de sustancia del estado líquido al estado de vapor a la temperatura constante de ebullición se denomina “calor latente de vaporización”.

Calentando más allá del punto de ebullición en recipiente cerrado, la presión de vapor continuaría aumentando, hasta alcanzar un punto crítico, a partir del cual desaparece el equilibrio entre la fase líquida y la fase vapor. A partir de ese punto sólo existe fase gas. Al punto crítico le corresponde una presión y una temperatura críticas.

A título de ejemplo para el alcohol etílico (etanol) la secuencia de los parámetros definidos anteriormente sería:

- Punto de fusión: -117,3°C
- Punto de inflamación mínimo correspondiente al LIE (3,3%): 12-13°C
- Punto de inflamación máximo correspondiente al LSE (19%): 42°C
- Punto de ebullición en que la presión de vapor es 1 atmósfera: 78,4°C
- Temperatura crítica correspondiente a la presión crítica 63,1 atm: 243,5°C
- Temperatura de autoignición a la presión atmosférica: 365°C

Los valores del límite inferior y superior de explosividad publicados en tablas se dan a la temperatura ambiente y coinciden aproximadamente con los calculados a partir de los valores correspondientes de las presiones de vapor en función de la temperatura. La explicación viene dada por la ley de Dalton según la cual las concentraciones de un vapor en equilibrio con la fase líquida son proporcionales a las presiones parciales de sus componentes. En el ejemplo, un componente de la mezcla inflamable sería el vapor de alcohol etílico y el otro, el aire. Si están en un recipiente cerrado en comunicación con la atmósfera, los vapores de alcohol etílico aportan su presión parcial y el aire, el resto, hasta 1 atmósfera. Conforme aumenta la temperatura la presión de vapor del alcohol va expulsando el aire de forma que éste va quedando en menor proporción y en el punto de ebulli-

ción queda una atmósfera saturada de vapor de alcohol etílico con una presión de vapor de 1 atm. Para seguir la secuencia con aumentos de temperatura y presión se debe considerar el recipiente cerrado sin conexión con el exterior para interpretar el fenómeno hasta el punto crítico y la transformación de todo el contenido del recipiente a fase gas. La figura 3 presenta los datos de presiones de vapor del alcohol etílico a diferentes temperaturas desde -31,3°C, temperatura a la que tiene una presión de vapor de 1 mm de mercurio hasta el punto crítico a la temperatura crítica de 243,5°C con una presión crítica de 63,1 atmósferas, punto en que ya no queda la fase líquida y vapor en equilibrio y se transforma todo en gas. Obsérvese la correspondencia que da 760 mm Hg (1 atm) a la temperatura de ebullición de 78,4°C.

#### *Punto de fusión*

El punto de fusión se define como la temperatura a la que un sólido pasa al estado líquido bajo la presión de una atmósfera. La secuencia contraria de paso del estado líquido al sólido tiene lugar en el punto de solidificación o cristalización que coincide con la temperatura de fusión. El calor absorbido en la fusión de un gramo de sustancia a temperatura constante se denomina "calor latente de fusión".

El punto de fusión o solidificación es un parámetro que también hay que tener en cuenta, ya que puede afectar a la marcha de los procesos y crear problemas de obturación, aumentos de viscosidad, congelación, etc. y ser causa de escapes y derrames de productos inflamables, con el consiguiente peligro de incendio y explosión.

#### *Densidad de una sustancia respecto al agua*

Es un parámetro que se presenta en tablas de datos de inflamabilidad de sustancias. Es de utilidad en relación con determinados peligros. Por ejemplo: para evitar la vaporización de disulfuro de carbono se recomienda recubrir con agua un recipiente abierto de ese líquido inflamable muy volátil. Se debe tener en cuenta el peligro de rebosamiento por ebullición ("boil-over") en la extinción con agua de incendios de líquidos combustibles de menor densidad y punto de ebullición superior, en que el agua, si es inmiscible, puede ir al fondo del recipiente incendiado y ocasionar su ebullición con eyección brusca del producto líquido inflamado y la consiguiente propagación del incendio.

#### *Densidad de un vapor o gas respecto al aire*

Es un parámetro que se presenta también en tablas de datos

<b>PRESIONES DE VAPOR DEL ALCOHOL ETÍLICO A DIFERENTES TEMPERATURAS</b>		
Temperatura	Presión de vapor	
°C	mm Hg	atm
-31,3	1	
-12,0	5	
-2,3	10	
8,0	20	
19,0	40	
26,0	60	
34,9	100	
48,4	200	
63,5	400	
78,4	760	1
97,5		2
126,0		5
151,8		10
183,0		20
203,0		30
218,0		40
230,0		50
242,0		60
243,5		63,1

Figura 3.

de inflamabilidad de líquidos y gases inflamables. Es de utilidad para prever el comportamiento y desplazamiento en fugas de vapor o gas en las primeras etapas de la dispersión. También para la adopción de medidas para planes de emergencia ante fugas y derrames de productos químicos y para la clasificación de zonas en emplazamientos con atmósferas explosivas. Así, el cloro y el butano son gases más densos el aire, por ello, tales sustancias se dirigirán a zonas inferiores en caso de fuga.

#### *Calor de combustión*

Este parámetro es de utilidad para estimar las consecuencias de un incendio. Es un término que indica la energía calorífica producida en la reacción de combustión de una cantidad de combustible. La combustión es una reacción exotérmica de oxidación-reducción, con desprendimiento de calor, en que interviene un reductor, que es el combustible y un oxidante, normalmente el oxígeno del aire. Términos sinónimos del calor de combustión son “poder calorífico”, “potencia calorífica” y “entalpía de combustión”.

El calor de combustión generado por la unidad de masa de combustible se expresa en julios/kg o en calorías/kg. Al ser el julio y la caloría unidades muy pequeñas, en la práctica se emplean múltiplos tales como MJ/kg y Mcal/kg. Estas unidades se utilizan para el cálculo de la carga térmica o de fuego en los sectores de incendio de edificios y de establecimientos industriales. En la bibliografía especializada el calor de combustión de sustancias puras se puede encontrar en kJ/mol y kcal/mol, en cuyo caso se debe hacer la conversión oportuna, recordando que un mol de una sustancia es el peso o masa molecular de la misma expresado en gramos.

A título de ejemplo para el alcohol etílico  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , el calor de combustión se puede encontrar en manuales de consulta de datos químicos y físicos como el *Handbook of Chemistry and Physics* de CRC Press, Inc. El calor de combustión (*heat of combustion*) de esta sustancia es 326,68 kcal/mol (*kilogram calories per gram molecular weight*) a temperatura ambiente (20-25°C) cuando da como productos de combustión dióxido de carbono y agua líquida. El dato anterior indica que la combustión de una masa de 46 g (1 mol de alcohol etílico) con el oxígeno del aire da lugar a dióxido de carbono y agua líquida y una generación de calor de 326,68 kcal. Un kilogramo de tal sustancia generaría 7101,74 kcal que equivale a 7,10 Mcal/kg. Este poder calorífico se denomina potencia calorífica superior para diferenciarla de la inferior en la que el agua resultante se considera en fase vapor y el calor aprovechado es menor, ya que parte se emplea en pasar el agua líquida a vapor.

## INCENDIOS

Los incendios se producen cuando coinciden un producto que puede arder (combustible), un producto que favorece la combustión (comburente) y una fuente de suficiente energía (calor, chispa, llama).

Estos tres factores se representan a menudo mediante un triángulo, “el triángulo del fuego”. La supresión de uno de los lados del triángulo (un factor) hace imposible que se produzca un incendio (ver figura 4).

El comburente más común en los incendios es el oxígeno presente en el aire, aunque puede provenir de otras sustancias que lo contienen, como los nitratos, los cloratos o los peróxidos que actúan como comburentes frente a productos combustibles.

El grado de inflamabilidad de los combustibles condiciona la fuente de ignición necesaria para que se produzca un incendio. Entre las sustancias fácilmente inflamables, según la clasificación del RD 363/1995, hay algunas que pueden llegar a inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin necesidad de una fuente de ignición (Frase R17) o tras un breve contacto con dicha fuente (Frase R11). Pueden ser fuentes de ignición las llamas abiertas, superficies calientes, chispas eléctricas, brasas (cigarrillos), etc.

La reacción de combustión genera unos productos de combustión (humos, gases, residuos sólidos) junto a mucho más calor que el precisado inicialmente. Cuando este calor generado se reinvierte en promover el desarrollo de nuevas reacciones químicas en cadena, el proceso de combustión se hace incontrolable y, mientras no se elimina alguno de los tres factores concurrentes que determinan la posibilidad del incendio, éste no se extingue.

La posibilidad de estas reacciones en cadena constituye un cuarto factor, junto a los tres citados anteriormente, que permite el fenómeno de la progresión espontánea del incendio y su propagación en el espacio y en el tiempo. Las acciones capaces de impedir dichas reacciones en cadena serán, en cambio, eficaces para limitar la propagación del incendio y facilitar su extinción.

La propagación de un incendio se realiza en todas las direcciones en las que se den los requisitos anteriormente expuestos para su propagación espontánea. No obstante, a efectos prácticos, suele ser importante diferenciar las posibilidades de propagación horizontal y las de propagación vertical.

También es importante la velocidad de propagación de un incendio, entendida como la velocidad de avance del frente de



Figura 4.

reacción, es decir, la velocidad lineal de propagación del frente de llama que separa la zona no destruida de los productos de la reacción. En los incendios normales esta velocidad se mantiene inferior a 1 m/s. La energía desprendida es en parte disipada en el ambiente y el resto se emplea en activar la mezcla comburente-combustible manteniendo la reacción en cadena. Ejemplos: las combustiones de sólidos, como papel y madera, y generalmente de líquidos contenidos en recipientes abiertos. Cuando la velocidad de propagación es superior a 1 m/s, la combustión entra en el campo de las explosiones.

Los incendios en instalaciones industriales, originados por productos químicos, son causa de daños materiales importantes, lesiones corporales y, en algunos casos, la muerte de personas. Los daños materiales están relacionados con la temperatura alcanzada en el incendio, que depende a su vez del poder calorífico del combustible, mientras que los daños sobre las personas pueden ser producidos por el calor o por la acción directa de las llamas, aunque el efecto que causa más víctimas es la intoxicación o la asfixia debida a la inhalación de gases tóxicos de la combustión (principalmente monóxido de carbono) o a la falta de oxígeno.

## PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE INCENDIOS

Las medidas particulares de prevención para productos químicos peligrosos se deberán considerar según sus características, equipos y procesos en que intervienen, almacenamientos y transporte de los mismos.

Un documento básico de información es la ficha de datos de seguridad, en donde se encontrarán las propiedades físicas relacionadas con la inflamabilidad y explosividad, las reacciones peligrosas que pueden ocasionar incendio o explosión, los peligros de incendio y explosión con indicación de las medidas de prevención y agentes extintores adecuados, actuación ante derrames, recomendaciones de almacenamiento e indicaciones relativas al envasado y etiquetado con las frases R y S.

El RD 379/2001 Reglamento de almacenamiento de productos químicos incluye 7 instrucciones técnicas complementarias. La ITC-MIE-APQ1 "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles" detalla ampliamente la protección contra incendios en las instalaciones de depósitos fijos y en los almacenamientos en recipientes móviles. La ITC-MIE-APQ2 "Almacenamiento de óxido de etileno" trata la protección contra el riesgo de incendio de depósitos fijos. Las botellas y botellones se incluyen en la ITC-MIE-APQ5 "Almacenamiento de botellas y bo-

tellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión”, y en ella se indican los equipos de lucha contra incendios exigidos para cada categoría de almacenamiento según cantidades y el comportamiento a seguir ante un incendio en un local en el que existan botellas de gases. Las otras tres instrucciones no corresponden a productos combustibles pero sí peligrosos y se establecen distancias mínimas de seguridad respecto a instalaciones y recipientes que contengan productos combustibles. Posteriormente al RD 379/2001 se ha publicado el RD 2016/2004 por el que se aprueba la ITC-MIE-APQ8 “Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno”. Este producto requiere condiciones estrictas de almacenamiento y su peligrosidad se ha puesto de manifiesto en explosiones de graves consecuencias. Actualmente se espera una pronta publicación de la instrucción sobre el almacenamiento de peróxidos, productos cuyas propiedades peligrosas se han tratado anteriormente en este capítulo.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

En muchos casos los productos químicos que se manejan en una instalación son combustibles, lo que implica que el riesgo de incendio y/o explosión está presente y que la prevención y protección contra incendios debe ser una de las prioridades del plan de acción preventiva de la empresa. Como prevención de incendios se entiende el conjunto de acciones tendentes a evitar el inicio del incendio mediante la eliminación de uno de los cuatro factores determinantes del mismo: el combustible, el comburente, la fuente de calor (foco de ignición) y la reacción en cadena (ver figura 5).

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Sobre el combustible

Sobre el comburente

Sobre los focos de ignición

Sobre la reacción en cadena

Figura 5.

Las primeras medidas son intentar la *sustitución o eliminación del combustible*, o sino, es posible eliminar concentraciones peligrosas en el aire ambiental mediante *ventilación*, así como controlar la temperatura mediante *refrigeración*.

### Acciones sobre el combustible

#### *Sustitución del combustible*

Aunque en los procesos químicos suele ser imposible eliminar el combustible por tratarse del propio producto químico que debe utilizarse en el proceso, siempre debe investigarse hasta qué punto es imprescindible la utilización de un determinado

producto y la posibilidad de sustituirlo por otro de temperatura de inflamación superior o menos combustible.

#### *Eliminación del combustible*

Comprende una serie de acciones que tienen por objeto mantener el producto combustible aislado, por ejemplo: mantener un orden y una limpieza escrupulosos en los puestos de trabajo, confinar los productos combustibles en recipientes cerrados y herméticos, llevar a cabo los trasvases en condiciones seguras con control de los derrames, realizar el adecuado mantenimiento de las instalaciones para evitar escapes y proceder siempre a las operaciones de limpieza y purga en las instalaciones que han contenido productos inflamables como paso previo a las intervenciones de mantenimiento en las mismas. En todo caso, es importante minimizar la acumulación de materiales combustibles, procurando que en los lugares de trabajo exista lo estrictamente necesario para el proceso productivo y que las áreas de almacenamiento estén correctamente habilitadas.

#### *Ventilación*

El objetivo es diluir los vapores del producto inflamable con la cantidad de aire suficiente para mantener en todo momento la concentración por debajo del límite inferior de inflamabilidad, con lo que se asegura que no se provocará un incendio. La concentración peligrosa puede ocurrir fácilmente en zonas próximas a una operación con líquidos inflamables y en una zona mucho más extensa si hay una fuga de gas inflamable. Los valores de concentraciones peligrosas de inflamabilidad expresados en % en volumen multiplicados por diez mil se convierten en partes por millón (ppm) y dan unos valores extremadamente altos, inaceptables respecto a los valores límite ambientales (VLA) desde el campo de la Higiene Industrial. Una buena ventilación general no garantiza una concentración baja de vapores y gases inflamables en zonas puntuales de trabajo con líquidos y gases inflamables. Para estas operaciones se recomienda extracción localizada y, en trabajos de laboratorio, utilizar vitrinas para gases.

#### *Refrigeración*

Si se mantiene en todo momento la temperatura de un líquido por debajo del punto de inflamación, también se asegura que no se provocará un incendio.

---

#### **Acciones sobre el combustible**

Se basan en mantener atmósferas con un contenido en oxígeno muy bajo o nulo mediante el empleo de agentes inertizantes como el nitrógeno, el vapor de agua o el anhídrido carbónico.

Este último es menos empleado ya que es propenso a generar cargas electrostáticas. El vapor de agua también puede generar cargas electrostáticas y condensaciones por disminución de la temperatura. Cuando se trate de recipientes de pequeña capacidad puede resultar suficiente llenarlos de agua para garantizar la inexistencia de atmósfera explosiva en su interior.

Los focos de ignición pueden ser de cuatro categorías: térmicos, eléctricos, mecánicos y químicos. Las acciones sobre los *focos térmicos* incluyen las clásicas prohibiciones de fumar, introducir útiles de ignición como cerillas o mecheros en las zonas de riesgo, permisos de trabajo para operaciones como la soldadura o el corte en zonas de riesgo.

Las acciones sobre los *focos eléctricos* se concretan en las medidas de seguridad eléctrica contenidas en la Instrucción Técnica del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión ITC - BT-29 Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión, que define la instalación eléctrica de seguridad según el riesgo de incendio y explosión y que se trata más adelante; como recomendación general la instalación eléctrica debe estar muy sobredimensionada para evitar aumentos peligrosos de temperatura por sobrecargas de intensidad. Por otro lado, para evitar las descargas electrostáticas es preciso la conexión equipotencial de todas las partes metálicas y su puesta a tierra, humidificar el ambiente si es necesario y, en casos extremos, utilizar ionizadores para neutralizar dichas cargas. Finalmente, los pararrayos para las descargas eléctricas atmosféricas son imprescindibles.

La actuación sobre los *focos mecánicos* de ignición se concreta en la lubricación de las partes en movimiento, el uso de herramientas antichispa y el uso de calzado sin partes metálicas.

Finalmente, la actuación sobre los *focos químicos* de ignición puede tomar muchas formas como, por ejemplo, el aislamiento térmico y el control automático de la temperatura de los procesos exotérmicos o que pueden alcanzar temperaturas elevadas, la separación de los almacenamientos de las sustancias reactivas entre ellas y la ventilación y el control de la humedad ambiental en sustancias autooxidables.

La norma UNE-EN 1127-1 presenta una serie de fuentes de ignición de atmósferas explosivas a tener en cuenta en los emplazamientos en los que puedan formarse mezclas inflamables de gases, vapores, nieblas y polvos. Una explosión suele ir seguida de incendio si existen combustibles sólidos y líquidos en el lugar de la explosión.

#### Acciones sobre los focos de ignición

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Es el conjunto de medidas destinadas a complementar la prevención y tienen por objeto lograr que, aunque se inicie un incendio, éste quede reducido a un espacio pequeño y ocasione los menos daños o pérdidas posibles. Estas medidas son las indicadas en la figura 6.

### Resistencia al fuego

Es un parámetro que se ha utilizado en la especificación del comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos en las normativas de protección contra incendios. Se identifica con las siglas RF e indica la resistencia al fuego de un elemento constructivo, expresada en minutos, sin que pierda ni su estabilidad ni sus características estructurales que pudieran propagar el incendio. El ensayo del comportamiento ante el fuego de los *elementos constructivos* estaba estipulado en la Norma UNE 23093. Actualmente está derogada y sustituida por la UNE-EN 1363-1. Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1: Requisitos generales y UNE-EN 1363-2. Ensayos de resistencia al fuego. Parte 2: Procedimientos alternativos y adicionales. Estas nuevas normas han sido establecidas de acuerdo a la Decisión 2000/367/CE, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión Europea.

La terminología y simbología de la nueva normativa es: a) Capacidad portante R: Capacidad de una muestra de ensayo representativa de un elemento estructural para soportar su correspondiente carga de ensayo, en los casos en que ésta se aplique, sin sobrepasar criterios específicos respecto a deformación total y a velocidad de ésta. b) Integridad al paso de llamas y gases calientes E: Capacidad de una muestra de ensayo representativa de un elemento de construcción cuando se expone al fuego por una de sus caras para prevenir el paso a su través de llamas y gases a alta temperatura, así como para impedir la presencia de llamas en la cara no expuesta. c) Aislamiento térmico I: Capacidad de una muestra de ensayo representativa de un elemento de construcción con función separadora, que cuando éste se expone al fuego por una de sus caras, restringe el incremento de temperatura registrado en la cara no expuesta por debajo de unos niveles específicos.

Las tres condiciones anteriores se consideran equivalentes a las especificadas en la anterior norma UNE 23093: a) Estabilidad mecánica (o capacidad portante); b) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes; c) No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego; d) Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las tem-

MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	
Protección estructural	
Detección y alarma	
Evacuación	
Extinción	

Figura 6.

peraturas que establece la norma correspondiente. La estabilidad al fuego (EF) exigía la condición a), la característica de parallamas (PF) exigía las condiciones a), b) y c); y la característica de resistencia al fuego (RF) exigía todas ellas.

En la reglamentación de seguridad contra incendios también se considera el comportamiento de los *materiales de construcción* ante el fuego. La norma UNE 23727:1990 establece una clasificación que va desde M0 Materiales incombustibles hasta M4 Materiales de inflamabilidad alta. Según el RD 2267/2004, las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de la construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1, para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado CE. Actualmente existe una correspondencia entre las dos clasificaciones.

---

Debe preverse en la fase de diseño del edificio o local, proyectando los elementos constructivos de forma tal que formen una barrera contra la propagación del incendio y se logre su aislamiento en sectores de incendio controlados. A esta acción se la conoce como “sectorización o compartimentación”.

#### **Protección estructural de edificios y locales**

##### *Acciones contra la propagación horizontal de un incendio*

Las acciones básicas contra la propagación horizontal de un incendio se comentan a continuación. *Separación por distancia* entre locales o áreas con riesgo; si no existen factores adversos de propagación, 15 m puede considerarse una distancia de separación segura; el reglamento de almacenamiento de productos químicos y el de instalaciones petrolíferas indican distancias mínimas para diferentes situaciones concretas. *Los muros o paredes corta-fuegos, puertas contraincendios y puertas cortafuegos* son elementos que ofrecen resistencias considerables al fuego, superiores a 60 minutos, según las exigencias técnicas y legales. Finalmente, los *diques o cubetos* ya comentados en el almacenamiento sirven de contención de los líquidos inflamables derramados en una fuga o rotura.

##### *Acciones contra la propagación vertical de un incendio*

Los *techos* deben tener una resistencia al fuego adecuada para impedir la propagación vertical del incendio; los forjados de estructura metálica deben recubrirse de hormigón o un revestimiento aislante e ignífugo. Los *huecos verticales*, como los de escaleras y ascensores, deben ser un sector de incendio separado. Las *ventanas* deben evitarse en la medida de lo posible en los locales con riesgo de incendio elevado; las que se instalen

deben tener marco metálico y vidrio armado que, aunque se rompa, no deje paso a las llamas.

#### *Lucha contra el humo*

Los efectos del humo son mucho más peligrosos que los de las llamas o la temperatura, ya que no necesitan material combustible en el camino de propagación y pueden alcanzar y bloquear vías de evacuación de personas. Los sistemas de eliminación de humo, *exitorios* o similares, son imprescindibles, pero debe cuidarse que los circuitos de evacuación del humo no coincidan con los de evacuación de personas. La apertura de los exitorios o la puesta en marcha de los sistemas de evacuación de humo puede ser manual o automática. El RD 2267/2004, Reglamento de protección contra incendios en los establecimientos industriales, incluye un apartado dedicado a la ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión.

#### *Detección y alarma*

Se entiende por “detección” el hecho de descubrir la existencia de un incendio en un lugar lo más pronto posible desde su inicio. Los detectores automáticos de incendio son sensores que actúan por los fenómenos que acompañan al fuego (humos, llamas y calor); según su mecanismo de actuación reciben diferentes nombres. Los detectores de incendio y los sistemas de detección se ajustarán a la norma UNE 23007. Por otro lado, la alarma consiste en unos pulsadores manuales para avisar de forma oportuna a una central vigilada para que se inicien los trabajos de extinción y para activar de forma manual o automática la transmisión de dicha alarma para la evacuación de las personas.

#### *Detectores iónicos*

Detectan los gases y humos producto de una combustión y su funcionamiento se basa en el fenómeno de la ionización. Son los más sensibles y capaces de detectar un incendio en las fases más iniciales, por este motivo son los más utilizados. Su funcionamiento puede ser perturbado por la presencia de corrientes de aire o polvo, lo que se evita con diseños adecuados del elemento sensor equipándolo con paravientos o telas filtrantes.

#### *Detectores ópticos de humo*

Detectan los humos visibles, su funcionamiento se basa en la absorción de la luz por los humos producidos en un incendio. Son de sensibilidad media.

#### *Detectores ópticos de llama*

Detectan las radiaciones infrarrojas o ultravioleta que emi-

ten las llamas. Son adecuados para proteger grandes espacios (hasta 1000 m<sup>2</sup>) si el detector está situado a gran altura. Son útiles para detectar fuegos de rápida generación de líquidos inflamables.

LA DETECCIÓN PRECOZ DE UN INCENDIO  
ES LA MEJOR HERRAMIENTA PARA SU  
CONTROL

#### *Detectores de temperatura o térmicos*

Detectan la superación de una temperatura prefijada (detectores térmicos) o de un aumento rápido de la temperatura de unos 7°C por minuto (detectores termovelocimétricos). Son muy simples y por tanto muy fiables, aunque actúan en una fase del fuego muy avanzada.

Es la acción de desalojar un edificio o local en el que se ha declarado un incendio o cualquier otro tipo de emergencia. El parámetro más importante es el tiempo necesario para que la evacuación sea completa, tiempo que debe ser inferior al que se prevé que puede transcurrir desde que se da la señal de evacuación hasta que la emergencia haya alcanzado un nivel tal que sea probable que ocasione daños a las personas.

#### **Evacuación**

#### *Número y anchura de las vías de evacuación*

La solución del problema de la evacuación de un local con riesgo de incendio debe basarse en la existencia de un número suficiente de *salidas*, ubicadas de forma que las distancias a recorrer en el local, desde cualquier punto hasta una salida, sean razonables en función del fenómeno esperado. En general, debieran existir por lo menos dos salidas situadas en extremos opuestos del local, ya que la distancia desde cualquier lugar de evacuación hasta una salida debe ser inferior a 50 metros. Un recinto puede disponer de una única salida cuando su ocupación sea inferior a 100 personas y no existan recorridos para más de 50 personas que exijan salvar, en sentido ascendente, una altura de evacuación superior a 2 m, y además ningún recorrido de evacuación supere 25 m, en general, o 50 m si la ocupación es inferior a 25 personas. Una planta puede tener una única salida si, además de las condiciones anteriores, la altura de evacuación es inferior a 28 m. La anchura de las salidas estará en función del número de personas a evacuar. Para los establecimientos industriales el RD 2267/2004 indica unos recorridos de evacuación que prevalecen sobre los que exige la NBE-CPI/96.

La aplicación de la NBE-CPI/96, Art. 8, 8.1 Puertas, indica “*las puertas previstas para la evacuación de más de 100 personas abrirán en el sentido de la evacuación*”. Estas puertas se interpreta que son de salida y no necesariamente de emergencia, ya

que éstas siempre deben abrir hacia el exterior, independientemente del número de personas.

La norma UNE 23034 Seguridad contra incendios. Señalización de seguridad. Vías de evacuación, en el punto 3, 3.1 Señalización de salidas, define “*salidas habituales. Son las utilizadas, generalmente, con carácter público, para la circulación funcionalmente necesaria en el edificio o local, según el uso del mismo*”. “*Salidas de emergencia. Son las utilizadas, con carácter público, solamente en caso de emergencia de evacuación*”. El Art. 10 del RD 486/1997 sobre lugares de trabajo al indicar que “*Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas,...*” se refiere a puertas cuyo único fin es la utilización en caso de emergencia y son puertas dispuestas con pictograma o señalización literal de “salida de emergencia” y que no deben utilizarse como salida habitual de un centro de trabajo. En el RD 485/1997 sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo las denomina “salidas de socorro”.

Las *puertas, pasos y pasillos* tendrán una anchura, en metros, superior a  $P/200$ , siendo P el número de personas que deben utilizar la vía. Según el RD 2267/2004 en los establecimientos industriales el valor de la ocupación P relativa a la evacuación, se calcula mediante unas fórmulas en función del número de personas que ocupan el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad. En esta reglamentación se remite a la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-96, con algunas particularidades expresamente indicadas. Las *escaleras no protegidas* tendrán una anchura superior a  $P/160$  en las de evacuación descendente o  $P/(160 \cdot 10h)$  si es de evacuación ascendente, siendo h la altura de evacuación ascendente en metros. Para la estimación de P hay que considerar la totalidad de las personas que deban utilizar la escalera de evacuación en el conjunto de todas las plantas situadas por encima del tramo considerado en evacuación descendente o por debajo en evacuación ascendente. Para los establecimientos industriales se considera la ocupación P del sector de incendio indicada anteriormente. Las *escaleras protegidas* cumplirán la condición  $P < 3S + 160A$ , siendo S la superficie del recinto de la escalera en  $m^2$  y A la anchura del arranque de la escalera en la planta de salida en metros. Estas ecuaciones están dirigidas a conseguir que todos los ocupantes puedan atravesar una salida en un tiempo máximo de 2,5 minutos, teniendo en cuenta que una escalera protegida puede contener 3 personas por metro cuadrado al mismo tiempo que éstas circulan por ella y la van abandonando en la planta de salida.

Finalmente, debe recordarse que sólo con simulacros periódicos

dicos, como mínimo de periodicidad anual, se podrá garantizar la efectividad del plan de evacuación.

Además de la evacuación es necesario, una vez declarado un incendio, actuar para extinguirlo. Los procedimientos de extinción se basan en eliminar algunos de los cuatro factores clave de un incendio ya mencionados anteriormente.

### **Extinción**

#### *Clases de fuego*

A fin de seleccionar el agente extintor adecuado los fuegos se clasifican en cuatro clases que se indican en la figura 7, según la Norma UNE EN 2-1994, en la cual se definen las clases de fuego según la naturaleza del combustible y no se considera una clase particular para los fuegos en instalaciones eléctricas. Para estos incendios se recomienda primero desconectar la fuente de energía eléctrica y luego proceder a la extinción con el agente extintor adecuado al material en combustión. En caso de no poderse desconectar, aplicar el agente de extinción con el extintor adecuado según las prescripciones escritas sobre el mismo, en las cuales se indica la tensión máxima de aplicación.

<b>CLASIFICACIÓN DE FUEGOS</b>		
<b>Materiales que pueden arder</b>		<b>Clasificación</b>
SÓLIDOS CON BRASA	Madera. Papel. Telas. Gomas. Corcho. Trapos. Caucho.	<b>A</b>
LÍQUIDOS INFLAMABLES Y SÓLIDOS LICUABLES	Gasolina. Petróleo. Aceites. Grasas. Pinturas. Barnices. Disolventes. Gas-oil. Alcohol. Cera.	<b>B</b>
GASES INFLAMABLES	Propano. Butano. Metano. Hexano. Gas ciudad. Gas hulla. Acetileno.	<b>C</b>
METALES Y PRODUCTOS QUÍMICOS REACTIVOS	Magnesio. Titanio. Sodio. Potasio. Uranio.	<b>D</b>

Figura 7.

#### *Extintores*

Un extintor es un aparato que contiene un agente o sustancia extintora que puede ser proyectada sobre un fuego por acción de una presión interna, que puede ser permanente o gene-

rada en el momento oportuno por una reacción química o por la acción de un gas auxiliar (ver figura 8). Los extintores se clasifican según el agente extintor en los tipos siguientes:

- a) Extintores de agua (pulverizada o en chorro). La proyección se realiza por un gas comprimido en el propio cuerpo del extintor o contenido en un botellín auxiliar. Sólo son aplicables para fuegos de tipo A, pero ineficaces e incluso peligrosos para otros tipos de fuego, en particular los de tipo D y los de instalaciones eléctricas.
- b) Extintores de polvo. La proyección se realiza con un gas propulsor como el CO<sub>2</sub>, gas licuado a presión o N<sub>2</sub>, gas comprimido en el propio cuerpo o en un botellín auxiliar. Existen en tres modalidades:
  - Polvo Seco, aplicable a fuegos de tipo B; también es eficaz, aunque limitado, contra fuegos de tipo C y en instalaciones eléctricas. No es eficaz en fuegos de tipo A y D.
  - Polvo antibrasa o polivalente, aplicable a fuegos de tipo A, B y algo menos con los de tipo C.
  - Polvo especial, aplicable a los fuegos de tipo D.
- c) Extintores de espuma. La espuma se puede formar por procedimientos químicos (en desuso) o físicos y es proyectada fuera del aparato; son aplicables a los fuegos de tipo A y B.
- d) Extintores de CO<sub>2</sub> (nieve carbónica). El cuerpo del extintor contiene CO<sub>2</sub> como gas licuado a presión que es el agente extintor. Es de aplicación para fuegos de tipo B y para instalaciones eléctricas, es ineficaz en exteriores y en fuegos de tipo A e incompatible con fuegos de ciertos metales ligeros.
- e) Extintores de halón. Los halones son hidrocarburos halogenados cuyo poder de extinción es superior al del CO<sub>2</sub>. La impulsión se realiza normalmente con nitrógeno a presión. Son excelentes frente a fuegos en instalaciones eléctricas y de clase B y aceptables frente a fuegos de clase A y C. Actualmente tienen que estar retirados desde el 31 de diciembre de 2003, excepto en usos muy restringidos según el Reglamento (CE) N° 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo. La mayoría de estos compuestos se han clasificado como peligrosos para el medio ambiente, debido a su efecto perjudicial para la capa de ozono.

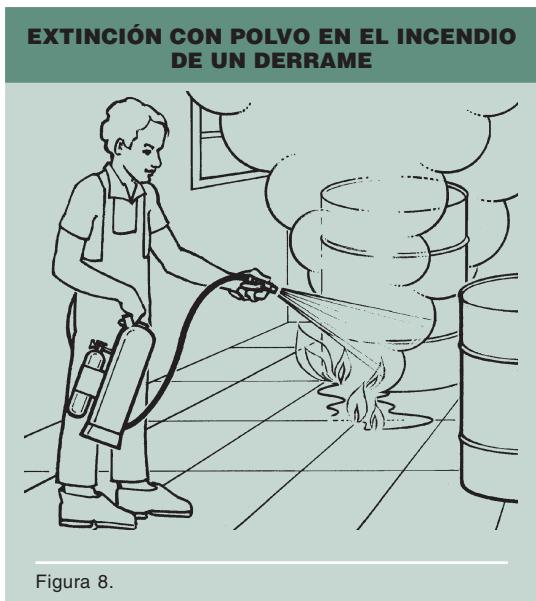


Figura 8.

En la figura 9 se indica la aplicabilidad de cada tipo de extintor frente a los diferentes tipos de fuego.

AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO (UNE EN 2-1992)			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada	(2) XXX	X		
Agua a chorro	(2) XX			
Polvo BC (convencional)		XXX	XX	
Polvo ABC (polivalente)	XX	XX	XX	
Polvo específico metales				XX
Espuma física	(2) XX	XX		
Anhídrido carbónico	(1) X	X		
Hidrocarburos halogenados	(1) X	XX		

*Siendo: xxx: Muy adecuado. xx: Adecuado. x: Aceptable.*

*Notas:*

*(1) En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5 mm) puede asignarse xx.*

*(2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma; el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en UNE 23.110.*

Figura 9.

El número y ubicación de los extintores en un local dependerá del riesgo, es decir, de la cantidad de material que puede arder y de su situación en el local. Para los edificios en que es de aplicación la NBE-CPI-96 la distancia a recorrer, desde cualquier punto de una zona con riesgo hasta el extintor del tipo adecuado al posible fuego más próximo, incluido el situado en el exterior, próximo a la puerta de acceso, no debería ser superior a 15 m en locales de riesgo medio o bajo, o a 10 m en locales de riesgo alto, con una superficie inferior a 100 m<sup>2</sup>. Para superficies de más de 100 m<sup>2</sup> la distancia de más de 10 m se cumplirá con respecto a algún extintor instalado en el interior del local o zona. En grandes recintos en los que no existan paramentos o soportes para colgarlos, se dispondrá un extintor por cada 300 m<sup>2</sup> de superficie construida y convenientemente distribuidos. En los establecimientos industriales el RD 2267/2004 establece diferencias para la determinación de la dotación de extintores para fuegos de clase A según el nivel de riesgo intrínseco del sector

de incendio y para fuegos de clase B según el volumen de combustibles líquidos en el sector de incendio. Para volúmenes de combustibles líquidos superiores a 200 litros, se incrementará la dotación de extintores portátiles con extintores móviles sobre ruedas, de 50 kg de polvo BC o ABC, y para volúmenes superiores a 2000 litros se deberá cumplir la reglamentación sectorial específica que les afecte. Entre estas reglamentaciones se deben incluir el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y el Reglamento de instalaciones Petrolíferas con las Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes.

Los extintores son recipientes a presión y como tales están sometidos a las reglamentaciones de seguridad pertinentes para este tipo de aparatos: el RD 769/1999, el RD 1244/1979 y su ITC-MIE AP5. Respecto a la información inscrita en el propio extintor se concretan en una placa de timbre (excepto los de CO<sub>2</sub> que llevan las inscripciones correspondientes a las botellas de gases) y una etiqueta de características. Según el RD 1942/1993, Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y su modificación por Orden de 16 de abril de 1998, los extintores deben ser retimbrados cada cinco años por personal especializado del fabricante o instalador del equipo o sistema o por personal de una empresa mantenedora autorizada y desecharlos al cabo de veinte años. Además del retimbrado deben ser revisados anualmente por el personal citado, dejando constancia en la ficha del extintor de la fecha y nombre de la persona que realizó la revisión.

La etiqueta de características debe contener por lo menos la información siguiente: nombre del fabricante; temperaturas máxima y mínima de servicio; agente extintor y cantidad del mismo; eficacia y clases de fuego a los que puede aplicarse y, si hay peligro, a los que no puede aplicarse; instrucciones de empleo; y fecha y contraseña correspondiente al registro de tipo.

#### *Instalaciones fijas de extinción con agua*

Una instalación fija de extinción con agua está constituida por una red de tuberías y unos elementos terminales que cubren fundamentalmente las zonas con riesgo de incendio. Requieren, además de un correcto diseño, un programa de mantenimiento y, en algunos de ellos, su utilización periódica en simulacros y prácticas para garantizar su eficacia. Las instalaciones fijas con agua pueden ser: bocas de incendios equipadas (BIE), hidrantes de incendios, monitores, columnas secas y rociadores automáticos de agua (*sprinklers*).

Se llama *boca de incendios equipada* (BIE) a la instalación fija contra incendios con puntos de toma de agua, que son las bocas de incendio propiamente dichas y que deben ir alojadas

en un receptáculo adecuado. El conjunto de la instalación está compuesto de las bocas de incendio equipadas, la red de tuberías de agua y la fuente de abastecimiento de agua.

En edificios no industriales según la NBE-CPI/96 las bocas de incendio serán de 25 mm excepto en los locales o zonas indicadas de riesgo alto en esta normativa. En establecimientos industriales las bocas de incendio equipadas pueden ser con mangueras de 25 mm de trama semirrígida enrolladas sobre una devanadera para nivel de riesgo intrínseco bajo o de 45 mm de diámetro interior enrolladas sobre una devanadera o plegadas sobre un soporte para riesgo medio y alto, con una boquilla o lanza que permita la salida del agua en forma de chorro y pulverizada, situadas en un armario empotrado o de superficie y con una tapa de cristal para su visibilidad (ver figura 10). La instalación se someterá a una prueba de estanqueidad a una presión estática igual a la máxima de servicio y, como mínimo, de 980 kPa (10 kg/cm<sup>2</sup>) durante dos horas, no debiendo aparecer fugas. Su emplazamiento estará cerca de las puertas o salidas y la distancia entre bocas no dejará zonas sin protección, considerando como radio de acción de cada BIE la longitud de su manguera más 5 metros. La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 m. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no deberá exceder de 25 m.

La red de tuberías deberá proporcionar, como mínimo durante una hora, una presión dinámica superior a 2 bar en el orificio de salida de cualquier BIE, en el supuesto de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables. El RD 2267/2004, para establecimientos industriales, limita la presión anterior a un máximo de 5 bar, a efectos de su manejabilidad. El caudal será suficiente para extinguir el posible incendio, manteniéndose durante tiempo suficiente. El sistema de abastecimiento de agua contra incendios se ajustará al RD 1942/1993 que remite a la Norma UNE 23500 y al RD 2267/2004 para establecimientos industriales.

Los *hidrantes de incendios* también poseen en los extremos de su red unas tomas de agua. Se diferencian de las bocas de incendio en su mayor diámetro y en que suelen ser exteriores al edificio que deben proteger. Pueden estar enterrados en una arqueta con una única salida de agua o en forma de columna provista de tres salidas de agua (ver figura 11) y deben estar distri-

Boca de Incendio Equipada BIE

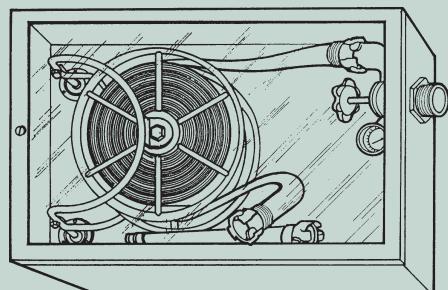
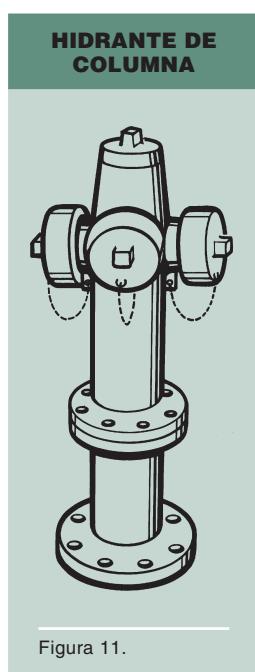


Figura 10.

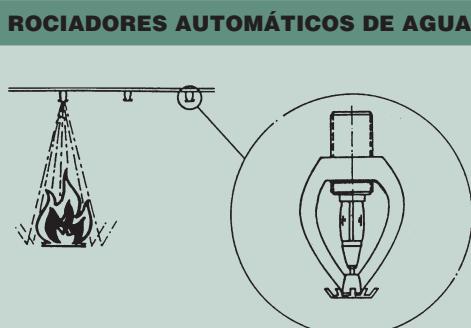
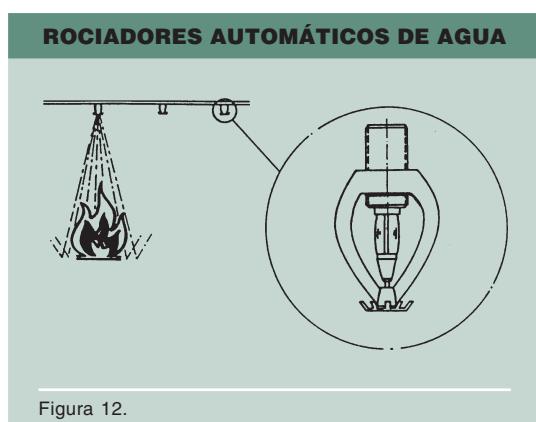


**HIDRANTE DE COLUMNNA**

buidos alrededor del edificio a proteger y a una distancia entre ellos tal que el agua lanzada con las mangueras alcance cualquier zona que necesite protección. Generalmente son empleados por el Servicio de Extinción de Incendios (bomberos) conectando sus propias mangueras o las que puedan estar dispuestas en un receptáculo anexo al hidrante.

*Los monitores* son unos aparatos fijos para lanzar a distancia grandes cantidades de agua (de 800 l/min a 8000 l/min) que se instalan alrededor de la zona a proteger, como, por ejemplo, materiales combustibles en patios de almacenamiento, vagones de ferrocarril o autobuses o parque de tanques de almacenamiento de líquidos o gases inflamables. Pueden ser móviles para proporcionar un fácil transporte y manejo, permitiendo su actuación en puntos de difícil acceso, como tejados. En vez de agua también pueden servir para lanzar espuma utilizando unas lanzas especiales.

La instalación de *columna seca* es para uso exclusivo del Servicio de Extinción de Incendios y está formada por una conducción normalmente vacía que, partiendo de la fachada del edificio, discurre generalmente por la caja de escalera y está provista de bocas de salida en los pisos y de toma de alimentación en la fachada, para la conexión de los equipos del Servicio de Extinción de Incendios, que es el que proporciona a la conducción la presión y el caudal de agua necesarios para la extinción del incendio. La toma de alimentación en la fachada estará alojada en una hornacina provista de caja metálica pintada de blanco con la inscripción “USO EXCLUSIVO BOMBEROS” en letras rojas y situada junto al acceso principal del edificio. Las bocas de salida en pisos se dispondrán en los rellanos de escalera en donde el Servicio de Extinción de Incendios conectarán sus mangueras para atacar el incendio en su proximidad.



Los *rociadores automáticos de agua* (*sprinklers*) son unos dispositivos de extinción automática distribuidos en el techo de un local y que arrojan agua en forma de lluvia sobre la zona precisa en que se produce el incendio, debido al calor producido en el techo y que abre el paso del agua. Esta apertura se produce por rotura de una ampolla por dilatación de un líquido especial o por fusión de una lámina metálica a unas temperaturas determinadas por fabricación (ver figura 12).

Una instalación de rociadores engloba tres acciones simultáneas: detección, alar-

ma y extinción. Comprende los rociadores propiamente dichos, la red de tuberías, la unidad de control y el abastecimiento de agua. Su utilización es imprescindible en locales en que la propagación del incendio pueda ser rápida y se precise una intervención inmediata.

#### *Instalaciones fijas y automáticas de extinción con polvo*

Están constituidas por una red fija de tuberías que parten de un depósito de suministro del polvo que aporta la cantidad necesaria de éste a una serie de boquillas de descarga, emplazadas en los lugares con riesgo de incendio. El disparo de estas instalaciones puede hacerse manualmente, aunque en general se realiza automáticamente, a partir de la central de control de una instalación automática de detección.

#### *Instalaciones fijas y automáticas de extinción con CO<sub>2</sub>*

Existen dos tipos:

- a) con extintores fijos de CO<sub>2</sub> orientados al elemento que se quiere proteger y de funcionamiento automático mediante fusible. Su activación queda reflejada en lugar adecuado, mediante una señal audible o visible.
- b) instalación automática de extinción por inundación del local con CO<sub>2</sub>.

En caso de incendio los detectores térmicos o de humos actúan primero sobre un sistema de alarma y sobre un relé temporizador graduable para dar tiempo a evacuar el personal antes de injectar el CO<sub>2</sub>. El disparo también puede ser por fusibles, termocontactos y termostatos, aunque se dispondrá al menos de un disparo manual. Estos sistemas, que sólo serán utilizables cuando quede garantizada la evacuación del personal que ocupe el local, tienen sus principales aplicaciones en petroleros, bodegas de buques, almacenes de pinturas y disolventes, maquinaria para obtención y refino de pinturas, recintos de transformadores, salas de calderas y cabinas de pintura.

#### *Instalaciones de extinción con espuma física*

La espuma destinada a la extinción de incendios es un agregado estable de pequeñas burbujas que tiene la propiedad de cubrir y adherirse a las superficies verticales y horizontales, que al fluir libremente sobre la superficie incendiada forma una capa resistente y continua que aísla del aire e impide la salida a la atmósfera de vapores volátiles combustibles.

“Espumógeno” es un concentrado líquido de agente emulsor que es capaz de producir soluciones espumantes generadoras de espuma.

“Espumante” es una mezcla de agua y espumógeno que se obtiene introduciendo éste de forma continua en el flujo de agua o mediante su mezcla en un tanque de almacenamiento.

En una instalación de extinción por espuma física, la formación de ésta se realiza mediante la introducción de un agente espumógeno y agua (espumante) en un dosificador, de donde sale una disolución espumante que pasa a un generador de espuma, el cual aspira aire a través de la disolución anterior y descarga una espuma expandida que se conduce al lugar del incendio o zona que interesa proteger.

El grado o coeficiente de expansión es la relación entre el volumen final de la espuma y el inicial de la disolución espumante que la produce. Según el grado de expansión, la Norma UNE 23 603 clasifica las espumas en:

- Espumas de baja expansión. Coeficiente de expansión entre 3 y 30. Son las más utilizadas y se aplican en tanques atmosféricos de líquidos inflamables y combustibles, de techo fijo y flotante; en la extinción de incendios en cubetos y cubrimiento de derrames, etc. Se pueden accionar de forma manual y automática mediante un sistema de detección adecuado para emplazamientos con atmósferas potencialmente explosivas, según la ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. También se pueden accionar con sistemas de detección neumáticos mediante elemento fusible.
- Espumas de media expansión. Coeficiente de expansión entre 30 y 250. Se aplican en incendios de sólidos y líquidos que requieren inundación total de recintos con máquinas, celdas de transformadores; para cubrir derrames de líquidos inflamables, combustibles y tóxicos, para evitar la formación de vapores, y para extinción de incendios de sólidos, líquidos inflamables y combustibles.
- Espumas de alta expansión. Coeficiente de expansión entre 250 y 1000. Se recomiendan para inundación total de grandes volúmenes y especialmente en locales cerrados, ya que en ambientes exteriores se ven muy afectadas por el viento y la falta de paredes de contención.

#### *Mantas ignífugas*

Las mantas ignífugas permiten una acción tremadamente eficaz en el caso de fuegos pequeños y sobre todo cuando las mantas prenden en las ropas, siendo una alternativa mejor que las duchas de seguridad o el rociado directo con agua, ya que evitan el desplazamiento del sujeto en llamas, lo que ayuda a limitar el efecto y desarrollo de éstas. Igual que ocurre con el resto de material de seguridad, su ubicación debe estar bien

señalizada. Existen distintos modelos y sistemas de almacenamiento que permiten su rápida utilización. El número y distribución de mantas ignífugas está en relación con el número de áreas y su extensión, en las que exista riesgo de incendio.

LAS MANTAS IGNÍFUGAS SON MUY  
ADECUADAS PARA LA REDUCCIÓN DE  
PEQUEÑOS INCENDIOS Y CUANDO LAS  
LLAMAS PRENDEN EN LA ROPA

Es el conjunto de disposiciones legales destinadas a exigir unos requisitos mínimos de seguridad contra incendios. Las disposiciones más importantes, de las cuales se han obtenido las recomendaciones hasta aquí recogidas, son: la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/96 Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios, el RD 2267/2004 Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales y el Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios (RD1942/1993 y Orden de 16 de abril de 1998).

#### Normativa sobre protección contra incendios

La Norma NBE-CPI/96 ha sido de aplicación a los edificios no industriales y ha tenido como objetivo la protección contra el incendio una vez declarado éste. Las medidas dirigidas a evitar las causas que pueden originarlo son materia propia de la reglamentación específica de las instalaciones y equipos susceptibles de iniciar un incendio o de las normas de seguridad aplicables a las actividades desarrolladas en los edificios. Ha sido aplicable a los proyectos de construcción y reforma que se han realizado a partir de su fecha de entrada en vigor (en los anteriores es aplicable la NBE-CPI/91 o la NBE-CPI/82), y se han debido cumplir las prescripciones de su parte general, así como las de los anejos correspondientes a los usos y ocupación del edificio o del establecimiento. Actualmente la NBE-CPI/96 ha sido derogada y sustituida por el RD 314/2006 Código Técnico de la Edificación, en cuyo Documento Básico SI. Seguridad en caso de incendio, se indican los requisitos exigidos para los nuevos edificios no industriales. La NBE-CPI/96 aún se puede aplicar durante el periodo de seis meses posterior a la fecha de entrada en vigor del RD 314/2006, el día siguiente al de su publicación en el BOE 28.3.2006.

En los puntos en que se hayan hecho comentarios o se hayan indicado requisitos según la NBE-CPI/96 se remite a lo establecido por el Código Técnico de la Edificación, en el supuesto que sean nuevos edificios no industriales, y en el bien entendido que para una revisión de las condiciones de seguridad contra incendios de establecimientos anteriores se debe cumplir la normativa vigente que le correspondiera en su día.

La normativa actual de protección contra incendios en los establecimientos industriales es el RD 2267/2004 que ha sustituido al RD 786/2001 de corta vigencia.

Entre las reglamentaciones específicas se puede destacar el RD 379/1999, Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, y el RD 2085/1994 Reglamento de instalaciones petrolíferas y sus Instrucciones Técnicas Complementarias con sus correspondientes modificaciones.

Respecto al riesgo de incendio, el RD 379/1999 incluye la ITC-MIE-APQ1 de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles. Las instrucciones APQ2 Almacenamiento de óxido de etileno, APQ4 Almacenamiento de amoniaco anhidro y APQ5 Almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, también incluyen productos con este riesgo. Los gases licuados a presión tienen un grado de peligrosidad mayor que los líquidos inflamables y combustibles. El amoniaco anhidro es inflamable a concentraciones muy elevadas (LIE 15%) y su peligrosidad mayor es por toxicidad desde concentraciones muy bajas.

Una reglamentación específica de líquidos combustibles derivados del petróleo es el RD 2085/1994 Reglamento de instalaciones petrolíferas, modificado por el RD 1523/1999. Incluyen cuatro instrucciones técnicas complementarias MI-IP01 Refinerías, MI-IP02 Parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos (modificada por RD 1562/1998), MI-IP03 Instalaciones de almacenamiento para su consumo en la propia instalación y MI-IP04 Instalaciones para suministro a vehículos. Posteriormente se ha publicado el RD 365/2005 por el que se aprueba la instrucción técnica complementaria MI-IP05 Instaladores o reparadores y empresas instaladoras o reparadoras de productos petrolíferos líquidos. Otras reglamentaciones son el Reglamento sobre instalaciones de almacenamiento de Gases Licuados del Petróleo (GLP) en depósitos fijos y el Reglamento para el almacenamiento y suministro de gases licuados de petróleo (GLP) a granel para su utilización como carburante para vehículos a motor. En todas estas reglamentaciones se indican las protecciones contra incendios y, cuando exista dualidad, se debe adoptar la más exigente y restrictiva.

El Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios establece las características y el plan de mantenimiento y control de las mismas. Existen, además, un gran número de Normas UNE que tratan de los aspectos técnicos aplicables a este tipo de instalaciones. Estas normas están relacionadas en la Orden de 16 de abril 1998.

## EXPLOSIONES

Las explosiones aquí consideradas se producen por reacciones químicas de combustión violenta y con velocidad de propa-

gación superior a 1 m/s. El fenómeno de explosión de vapores y gases tiene lugar en espacios cerrados y se caracteriza por un aumento de presión y un efecto sonoro de la onda de presión. En espacios abiertos se manifiesta con intensidad mucho menor, debido a la disipación y amortiguación de los gases expandidos en la atmósfera ambiental. La explosión se considera que es una *detonación* cuando la velocidad de propagación del frente de llama es superior a la velocidad del sonido en el medio ambiente en que tiene lugar la reacción. En caso contrario se llama deflagración. Las presiones originadas pueden alcanzar hasta 100 veces la presión inicial y los efectos destructivos son muy superiores a las deflagraciones. Ejemplo: la combustión de mezclas de gases y vapores inflamables o polvos combustibles con aire, en especiales condiciones de temperatura y presión, y cuando se encuentran en espacios confinados con relación longitud/diámetro superior a 10, en condiciones de gran longitud, en recipientes interconectados en los cuales, por efecto de la acumulación de presión, la presión de partida de la mezcla no quemada va aumentando progresivamente y actúa de acelerador de la velocidad de propagación del frente de llama y multiplicador de la presión resultante final.

Algunos productos químicos se formulan específicamente para que exploten, como es el caso de los explosivos industriales. En otros casos, la explosión de la mezcla explosiva se produce accidentalmente. Existen también productos químicos incompatibles que reaccionan entre sí violentamente, llegando a producir explosiones, sin necesidad de un aporte energético. Así ocurre entre productos que sean oxidantes enérgicos y sustancias reductoras, o entre el agua y sustancias que la descomponen con liberación de hidrógeno que se inflama espontáneamente (sodio, potasio, magnesio, hidruros de litio, de sodio y de potasio).

Otro grupo de explosiones son las causadas por sustancias químicas inestables. Estas sustancias no precisan la interacción con otro producto para reaccionar, sino que por la acción de una fuente de suficiente energía se descomponen violentamente, ocasionando una explosión. Son ejemplos de este comportamiento los fulminatos, algunos peróxidos orgánicos y algunos azo y nitrocompuestos, entre otros productos.

Las propiedades explosivas se han tratado en un apartado exclusivo y las frases R indican el tipo de reacción.

Las explosiones pueden producir daños por la sobrepresión que se genera, por impacto directo de piezas y fragmentos volantes proyectados, por derrumbe de estructuras y, en determinados casos, por la temperatura alcanzada.

LAS EXPLOSIONES SON COMBUSTIONES  
VIOLENTAS CON UNA VELOCIDAD DE  
PROPAGACIÓN SUPERIOR A 1 M/S

En términos amplios, explosión es un aumento brusco de volumen de una substancia (aire, vapor de agua, gases de combustión) en un medio (recipiente, atmósfera, local) que opone resistencia a dicho aumento. Como las explosiones son tan rápidas, no hay oportunidad de evacuar al personal y suelen atrapar a bastantes personas, por lo que este tipo de accidente se transforma normalmente en catástrofe, debido a que generalmente son violentas y a primera vista suceden de una forma más inesperada que los incendios. Las consecuencias de una explosión suelen ser: abatimiento de estructuras con el consiguiente sepultamiento de las personas, proyección de fragmentos con resultado de muerte o lesiones de las personas dentro de su radio de acción y finalmente incendio de las materias combustibles a consecuencia de los efectos térmicos ocasionados por la explosión.

LAS EXPLOSIONES SUELEN SER EL ORIGEN DE MUCHOS ACCIDENTES CATASTRÓFICOS

### Clases de explosiones

Según su origen se clasifican en: *químicas*, que son las producidas por reacciones químicas de combustión violenta de explosivos propiamente dichos, como, por ejemplo, la combustión de nitroglicerina, nitrocelulosa y dinamita o por la combustión de atmósferas explosivas, como la mezcla de propano y aire en las concentraciones del rango de inflamabilidad del propano; *mecánicas (neumáticas)* si es con aire comprimido), producidas por la rotura de un recipiente a causa de la presión interior, como, por ejemplo, el estallido de un reactor químico o la explosión de una caldera de vapor; *eléctricas*, producidas por el establecimiento de un arco eléctrico y la expansión brusca del aire que le rodea, o por la vaporización brusca de conductores en un cortocircuito; y *nucleares*, producidas por procesos de fusión o fisión de núcleos atómicos.

Las explosiones mecánicas y eléctricas se pueden englobar en el concepto más amplio de explosiones físicas. En las explosiones de calderas de vapor se debe diferenciar entre la explosión del calderín de generación de vapor, que es una explosión mecánica que suele denominarse "estallido", y la explosión química por reacción de combustión rápida de gases o vapores inflamables acumulados en la cámara de combustión de la caldera. Esta explosión es causada por un encendido accidental por presencia de esos gases o vapores en el momento de encendido del quemador. Es fundamental un barrido previo con renovaciones de aire en la secuencia de encendido.

Las *explosiones químicas* de reacción de combustión según la velocidad de combustión del frente de llama se desglosan en dos clases: *deflagraciones*, cuando la velocidad de propagación del frente de llama es inferior a la velocidad del sonido en la

mezcla inflamable; *detonaciones* cuando dicha velocidad es superior y, en consecuencia, también la presión generada es muy superior. En las deflagraciones la formación rápida de productos gaseosos en la reacción y el aumento de temperatura ocasionan unos efectos de presión con valores comprendidos entre una y 10 veces la presión inicial. Ejemplos: las deflagraciones de vapores de líquidos inflamables, las de mezclas aéreas de polvos combustibles, etc. En las detonaciones las presiones originadas pueden alcanzar hasta 100 veces la presión inicial y los efectos destructivos son muy superiores a las deflagraciones. Ejemplos: la combustión de mezclas de gases y vapores inflamables o polvos combustibles con aire, en especiales condiciones de temperatura y presión, y cuando se encuentran en espacios confinados con relación longitud/diámetro superior a 10, en conducciones de gran longitud, en recipientes interconectados en los cuales, por efecto de la acumulación de presión, la presión de partida de la mezcla no quemada va aumentando progresivamente y actúa de acelerador de la velocidad de propagación del frente de llama y de multiplicador de la presión resultante final.

Según la forma de desarrollarse pueden ser: *confinadas*, cuando suceden dentro de un recipiente o recinto cerrado, como, por ejemplo, la explosión de un reactor químico, o bien *no confinadas*, cuando suceden al aire libre, como, por ejemplo, la deflagración de una nube de vapor inflamable. Las no confinadas generan presiones muy inferiores a las confinadas. Estas últimas provocan una dispersión violenta del fluido interior, una onda de presión y una proyección de fragmentos.

La definición del carácter explosivo de un producto químico ya se ha descrito al exponer la identificación y comunicación del riesgo químico. En la práctica se considera que existen dos clases: los *explosivos industriales*, que son aquéllos cuya finalidad es provocar la explosión, como los empleados para voladuras o el fulminato de mercurio; y los *explosivos accidentales*, que son sustancias combustibles o inflamables que en determinadas condiciones pueden originar una explosión; son ejemplos: la acumulación por escape de gases o vapores inflamables, la suspensión de polvo orgánico en el aire y el nitrato amónico que reacciona violentamente con sustancias combustibles, con reducidas y con polvos metálicos.

---

### Explosivos

Sabiendo que una reacción de combustión requiere combustible, oxígeno y una fuente de ignición, con eliminar uno de los tres factores se consigue evitar la explosión. Se consigue, por

---

### Prevención de explosiones

ejemplo, reemplazando el oxígeno del aire por un gas inerte (nitrógeno), procedimiento denominado “inertización”; también se evita la explosión manteniendo la mezcla explosiva por debajo del límite inferior de inflamabilidad o explosividad, mediante la adecuada ventilación. La medición de la peligrosidad de una atmósfera inflamable se realiza con el explosímetro, el cual indica el porcentaje del límite inferior de explosividad. El aparato debe estar calibrado para el gas correspondiente o, en todo caso, tener en cuenta la tabla de conversión proporcionada por el fabricante si el gas presente es diferente al gas de calibración del aparato. Existen medidores específicos para la medición de concentraciones de los diversos gases. Otra forma de prevención es evitar el foco o fuente de ignición (golpes, frotamientos, chispas eléctricas o electrostáticas, fumar o llamas abiertas).

#### **Protección contra explosiones**

Entre las medidas de protección frente a las explosiones están: la contención de la presión de la explosión; la separación o aislamiento de las zonas o equipos susceptibles de origen de explosión para reducir las consecuencias; los respiraderos o paneles de venteo de alivio de explosiones; y los supresores de explosiones, que se comentan brevemente a continuación.

##### *Contención de la presión de la explosión*

Este sistema casi siempre es prohibitivo por su coste, excepto en recipientes pequeños o con productos muy caros o altamente tóxicos. Se utilizan los llamados “recipientes a presión” y los resistentes al choque de presión. Los primeros resisten la presión sin rotura y los segundos sufren una deformación.

##### *Separación o aislamiento de zonas o equipos*

Se lleva a cabo para reducir las consecuencias de una posible explosión y evitar su propagación a otros equipos conectados entre sí en un proceso. Esta medida es equivalente a la sectorización o compartimentación para incendios. En el caso de polvos combustibles se utilizan válvulas rotativas, tolvas de alimentación de doble compuerta, transportadores de tornillo helicoidal, válvulas de cierre rápido (tajaderas), aislamiento químico mediante rociado de un agente supresor de explosiones en la canalización. Dentro de este método se puede incluir la construcción de muros o dispositivos deflectores que desvíen la presión de la explosión hacia zonas seguras y eviten sus efectos sobre zonas adyacentes.

##### *Respiraderos o venteos de alivio de explosiones*

Este término incluye en sentido amplio todas las medidas que sirven para abrir un aparato o equipo cerrado en origen, sea por

un tiempo corto o permanentemente, y en una dirección no peligrosa después de iniciarse una explosión o desarrollarse hasta un cierto grado. Entre las soluciones prácticas se encuentran: discos y diafragmas de ruptura, placas de explosión, puertas de explosión con o sin mecanismo de autocierre, tapas sujetas a una cadena, paneles que saltan o paramentos débiles de alivio de explosión que rompen hacia el ambiente exterior. En caso de originar riesgo al personal de la planta o a terceros (lugares de paso, calles, espacios públicos, etc.) se deben conducir mediante una corta canalización en dirección segura.

#### *Supresores de explosiones*

Son unos equipos equivalentes a un extintor automático de incendios. Se basan en una detección muy rápida del inicio de la explosión y en la descarga de un agente extintor a una velocidad suficientemente rápida y en la cantidad precisa sobre la bola de fuego en aumento, para extinguir las llamas antes de que se alcance una sobrepresión destructiva. Se puede aplicar como barrera química en canalizaciones para detener la propagación de una explosión que avanza entre recipientes (sistema de separación o aislamiento) o como equipo supresor instalado en un recipiente determinado.

Referente a esta materia existen dos tipos de normativas procedentes de las llamadas “Directivas de nuevo enfoque” que han establecido los requisitos esenciales de seguridad. Estos dos tipos de normativas se refieren por una parte a los usuarios y por otra a los suministradores de los equipos.

Respecto a lo primero, la protección frente a los riesgos de atmósferas explosivas está reglamentada por el RD 681/2003 sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (transposición de la Directiva 1999/92/CE) y respecto a lo segundo, por el RD 1435/1992 y RD 56/1995 sobre Máquinas y el RD 400/1996 sobre aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (transposición de la Directiva 1994/9/CE).

El RD 681/2003 establece una serie de obligaciones del empresario, entre otras, la prevención y protección contra explosiones, para lo cual se debe realizar la evaluación de este riesgo, la clasificación en zonas de las áreas en que puedan formarse atmósferas explosivas y elaborar y mantener actualizado un documento de protección contra explosiones.

Respecto a la normativa exigida a los suministradores de equipos, el RD de Máquinas exige que estén diseñadas y cons-

---

#### **Reglamentación sobre prevención y protección contra explosiones**

truidas de forma que eviten los riesgos de incendio y explosión. Se debe observar que equipos tales como silos y tolvas, sin piezas en movimiento o fuentes externas de energía, están fuera del ámbito de aplicación de este Real Decreto. El RD 400/1996 se aplica a los fabricantes o vendedores de equipos para utilizar en atmósferas potencialmente explosivas. Incluye equipos y sistemas de protección eléctricos y mecánicos. En este Real Decreto se emplea el término “aparatos” con acepción amplia en vez de “equipos”. Desde el 1 de julio de 2003 todos los equipos, sistemas de protección, dispositivos de seguridad, etc. que puedan utilizarse en atmósferas potencialmente explosivas tienen que cumplir con este Real Decreto. Esencialmente esto significa:

- En la medida de lo posible el equipo no debería formar una atmósfera explosiva.
- El equipo se debería diseñar de tal forma que no pueda actuar como fuente de ignición.
- En caso de explosión el equipo debería estar diseñado para limitar el alcance de llamas y presiones peligrosas.
- Un ejemplar representativo de los equipos estará sujeto al examen CE de tipo por un organismo notificado.
- Cada equipo estará sujeto a procedimientos de evaluación de conformidad por un organismo notificado.
- El equipo debe llevar el marcado CE y, entre otra información, un manual de instrucciones (original y su traducción al idioma o a los idiomas del país de utilización) y la declaración CE de conformidad a los requisitos de la normativa.

En el RD 400/1996 se establece un grupo de aparatos I (de categorías M1 y M2) para trabajos subterráneos y de superficie en minas de carbón en las que existe peligro debido al grisú y/o a polvos explosivos, y un grupo de aparatos II clasificados en tres categorías de equipos (categorías 1, 2 y 3 con nivel de protección muy alto, alto y normal, respectivamente) para ser utilizados en la mayoría de industrias. Los diferentes requisitos de seguridad y procedimientos de evaluación de conformidad para esas categorías dependen de la fiabilidad requerida según los niveles de protección citados anteriormente. La certificación se debe realizar por un organismo notificado. Esta reglamentación también incluye a los equipos de protección contra explosiones, aunque no puedan crear peligro de ignición. Por ello los paneles de venteo de explosiones (sistemas de descarga), los supresores de explosiones y los sistemas de aislamiento, separación o barrera (sistemas de desconexión) entran dentro del ámbito de aplicación y deben también estar certificados por un organismo notificado. En España es el Laboratorio Oficial Madariaga (LOM).

El RD 400/1996 exige que los equipos y sistemas de protección comercializados desde el 1 de julio de 2003 cumplan una serie de requisitos. Es de destacar la inclusión de los equipos industriales no eléctricos. Por ejemplo: una electroválvula consta de una bobina (aparato eléctrico) y una válvula (aparato no eléctrico) y ambos aparatos deben cumplir la normativa citada. Una tercera pieza de ese conjunto es el conector a través del cual se conecta el cable de alimentación de la bobina; el conector entra dentro de la definición de componentes y no requiere certificación, pero debe cumplir los requisitos relativos a cables eléctricos y su conexión en emplazamientos con atmósferas explosivas.

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROTEGIDAS

El nivel de protección de una instalación eléctrica viene dado por los “grados de protección” que, de acuerdo con la norma UNE 20324 (complementada y modificada por la norma UNE-20324/1M:2000) se identifican mediante las letras IP seguidas de dos cifras. La primera cifra indica el grado de protección de las personas contra contactos con partes en tensión o piezas en movimiento y de protección del material contra la penetración de cuerpos sólidos y polvo (la cifra 0 indica ninguna protección y la cifra 6 indica protección total), la segunda cifra indica el grado de protección del material contra la penetración de líquidos (varía de 0 a 8 en función del grado de protección). Pueden existir dos letras adicionales opcionales que aportan información suplementaria sobre la protección del equipo o de las personas. Cuando no es necesaria una cifra característica, es sustituida por la letra X. La citada norma UNE-20324 es exigible reglamentariamente según lo dispuesto en la ITC-BT-02 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. En dicha ITC se hace referencia y se exige el cumplimiento de la norma UNE-EN 50102:1996, complementada y modificada por la norma UNE-EN 50102/A1:1999, sobre grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos. Esta protección viene indicada por el código IK que establece una correspondencia con unos valores de energía de impacto en julios.

Desde el punto de vista de la protección del riesgo químico, en este caso de la explosión, hay que tener en cuenta la posible presencia de atmósferas inflamables en los ambientes de trabajo, ya sea por vapores, ya sea por gases, nieblas o polvo. En tales casos, tanto si la presencia de tales atmósferas peligrosas es normal u ocasional, la instalación eléctrica debe cumplir cier-

<b>MODOS DE PROTECCIÓN PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EMPLAZAMIENTOS CON ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS</b>	
<b>ZONA</b>	<b>MODO DE PROTECCIÓN</b>
<b>0</b>	<p>Seguridad intrínseca, categoría «ia»</p> <p>Especial para zona 0 (con certificado de control)</p>
<b>1</b>	<p>Seguridad intrínseca, categoría «ia» o «ib»</p> <p>Inmersión en aceite «o»</p> <p>Sobrepresión interna «p»</p> <p>Relleno pulverulento «q»</p> <p>Envolvente antideflagrante “d”</p> <p>Seguridad aumentada «e»</p> <p>Encapsulado «m»</p> <p>Especial para zona 1 (con certificado de control).</p>
<b>2</b>	<p>Modos de protección para zona 0 ó 1</p> <p>Sobrepresión interna para zona 2</p> <p>Especial para zona 2 (con certificado de control)</p> <p>Otro material eléctrico que no provoque chispas o calentamientos peligrosos (con certificado de control).</p>
	<p><b>Seguridad intrínseca “i”:</b> Se denomina seguridad intrínseca de un circuito o de una parte de él a aquella en la que cualquier chispa o efecto eléctrico que pueda producirse, normal o accidentalmente, es incapaz de provocar la ignición de una mezcla inflamable en condiciones de ensayo prefijadas.</p> <p><b>Inmersión en aceite «o»:</b> La protección se realiza de forma que no puedan inflamarse los gases o vapores situados por encima del nivel de aceite y en el exterior de la envoltura.</p> <p><b>Sobrepresión interna «p»:</b> Las máquinas o materiales eléctricos están provistos de una envoltura o instalados en una sala en la que se impide la entrada de atmósferas inflamables manteniendo en su interior una sobrepresión respecto al exterior con aire o un gas inerte.</p> <p><b>Relleno pulverulento «q»:</b> Esta protección consiste en mantener las partes en tensión sumergidas en una masa aislante que cumpla ciertas condiciones.</p> <p><b>Envolvente antideflagrante “d”:</b> Se denomina así a la envolvente de un aparato eléctrico capaz de soportar la explosión interna de una mezcla inflamable que haya penetrado en su interior, sin avería en su estructura y sin transmitir la inflamación interna por sus juntas u otras comunicaciones a la atmósfera explosiva exterior.</p> <p><b>Seguridad aumentada «e»:</b> Consiste en adoptar ciertas precauciones para evitar con un grado de seguridad muy elevado calentamientos inadmisibles o la aparición de arcos o chispas en aparatos eléctricos que en servicio normal no las producen.</p> <p><b>Encapsulado «m»:</b> En este modo de protección los componentes eléctricos están en el seno de una masa de resina de forma que una atmósfera explosiva no pueda inflamarse por calentamientos o chispas que se produzcan en el interior del encapsulado.</p>

Figura 13.

tos requisitos de seguridad frente al riesgo de incendio o explosión, de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-29.

Esta Instrucción Técnica clasifica los emplazamientos en dos clases, según sea la naturaleza física del material combustible: Clase I si son gases, vapores o nieblas y Clase II si es polvo. En la anterior reglamentación se consideraba la Clase III si eran fibras. Actualmente, si las fibras son muy finas, se pueden considerar como polvo y se clasificarán como Clase II.

Los locales de Clase I son aquellos en los que puede existir una atmósfera explosiva, independientemente de cómo pueda generarse; por ejemplo, locales donde se trasvasan líquidos inflamables, interiores de cabinas de pintura o secaderos por evaporación de líquidos inflamables. Estos emplazamientos están a su vez clasificados en tres tipos de zonas: Zona 0, Zona 1 y Zona 2, en función de la probabilidad de presencia de una atmósfera explosiva, tal y como define la norma UNE EN 60079-10. *Zona 0*: cuando la presencia de una atmósfera explosiva es continua o se prevé que se presente durante largos períodos de tiempo o cortos períodos de tiempo pero muy frecuentemente. *Zona 1*: cuando la presencia de una atmósfera explosiva es periódica u ocasional durante el funcionamiento normal. *Zona 2*: cuando la atmósfera explosiva no se prevé en funcionamiento normal y sólo se presentará de forma poco frecuente y de corta duración. Las instalaciones deberán diseñarse de tal forma que los emplazamientos con riesgo de explosión queden reducidos al mínimo, y en particular las zonas 0 y 1, procurando además que los equipamientos eléctricos de estas zonas sean los estrictamente necesarios y estén dotados de alguno de los modos de protección exigibles (ver figura 13).

El material eléctrico será seleccionado de tal modo que se garantice que su temperatura máxima superficial no exceda la temperatura de autoignición o autoinflamación de las sustancias que puedan estar presentes. Para ello los equipos en tales condiciones se identificarán con los códigos T1 a T6 (ver figura 14).

En los emplazamientos de Clase II para polvo, a diferencia de lo que sucede con los gases inflamables, la ventilación general puede ser contraproducente, ya que puede acrecentar el riesgo, siendo por ello necesaria la limpieza de locales mediante aspiración, o la extracción localizada en zonas generadoras de polvo, tales como ensacados, lijados, amolados, etc. y especialmente la aplicación de sistemas que eviten la generación de polvo. En tales emplazamientos hay que evitar la acumulación de polvo mediante su recogida o eliminación. Los equipos eléctricos ofrecerán en tales circunstancias un grado de protección contra la entrada de polvo IP6x. Los modos de protección de los

CLASE DE TEMPERATURA SEGÚN LA TEMPERATURA MÁXIMA SUPERFICIAL	
Clase de temperatura	Temperatura máxima superficial
T1	450°C
T2	300°C
T3	200°C
T4	135°C
T5	100°C
T6	85°C

Figura 14.

equipos eléctricos para polvos combustibles requieren medidas adicionales a las aplicables a gases y deben estar también certificados. En estos emplazamientos se distinguen tres zonas según la probabilidad de la presencia de atmósfera explosiva: Zona 20, Zona 21 y Zona 22. La Norma UNE-EN 50281-3 trata sobre la clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles, con objeto de elegir los aparatos apropiados para ser utilizados en estos emplazamientos. Define las zonas anteriores con ejemplos de emplazamientos que pueden dar lugar a las zonas citadas y ejemplos concretos con algún equipo de proceso con polvo. Una norma similar es la UNE 202004-3 Clasificación de los lugares donde hay o puede haber polvos combustibles, equivalente a la Norma Internacional CEI 61241-3:1997, con el fin de permitir la correcta selección del material eléctrico que se va a utilizar en tales lugares.

# Ventilación industrial

# 15

## INTRODUCCIÓN

La ventilación, entendiendo como tal la renovación del aire de un local o recinto mediante la entrada de aire exterior o limpio, es una herramienta fundamental en la prevención del riesgo químico. Como ya se ha comentado en los capítulos precedentes, se utiliza para reducir el riesgo de explosión mediante la dilución de vapores inflamables a concentraciones por debajo del límite inferior de inflamabilidad en casos de emergencias por fugas y vertidos; también se emplea para disminuir la humedad del aire cuando se trabaja con sustancias higroscópicas o que reaccionan con el vapor de agua y, asimismo, como herramienta de protección de las vías de evacuación en caso de incendio. En el presente capítulo se enfoca básicamente el uso de la ventilación para la protección de la exposición por vía inhalatoria a concentraciones importantes de productos nocivos en el aire, para la obtención de unos requerimientos de confort ambiental suficientes y también para las necesidades de ventilación de procesos industriales por motivos de seguridad.

El aire es un elemento imprescindible para la vida, pero también el vehículo más importante de entrada de los contaminantes al organismo de las personas expuestas. Por ello, la ventilación, entendida como un sistema que garantice el aporte de aire fresco a un local, es absolutamente imprescindible en cualquier circunstancia, y mucho más en los ambientes con presencia de agentes químicos.

Como ya se ha dicho, la ventilación implica renovación del aire, es decir, hace referencia al cambio del aire contenido en un recinto o local con aire del exterior. Por “aire exterior” debe

<b>LÍMITES DE CONTAMINANTES EN AIRE EXTERIOR PARA PODER CONSIDERARSE ADECUADO PARA LA VENTILACIÓN SIN NECESIDAD DE TRATAMIENTO</b>		
<b>Sustancia</b>	<b>Concentraciones máximas (periodo de tiempo)</b>	
	<b>μg/ m<sup>3</sup></b>	<b>ppb<sup>1)</sup></b>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	80 (1 año) – 365 (24 h)	30 (1 año) — 137 (24 h)
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	100 (1 año)	52,3 (1 año)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	2) <sup>2)</sup>	2)
Monóxido de carbono (CO)	10.000 (8 h) – 40.000 (1 h)	8.586 (8 h) – 34.340 (1 h)
Ozono (O <sub>3</sub> )	235 (1 h)	118 (1h)
Partículas	75 (1 año) – 260 (24 h)	- - - - -
Plomo (Pb)	1,5 (3 meses)	- - - - -

<sup>1)</sup> Equivalencia a 20°C

<sup>2)</sup> El dióxido de carbono se halla presente en el aire exterior a una concentración nunca inferior a 550 mg/m<sup>3</sup> (300 ppm), siendo habituales en zonas urbanas concentraciones del orden de 915 mg/m<sup>3</sup> (500 ppm). Su valor límite ambiental para períodos de 8 h (VLA-ED) es de 9.150 mg/m<sup>3</sup> (5.000 ppm), aunque normalmente se recomienda que en un aire interior de calidad no rebase los 1.830 mg/m<sup>3</sup> (1.000 ppm).

Figura 1.

entenderse aire atmosférico no contaminado, lo que popularmente se conoce como “aire puro”. Ello lleva a la necesidad de tratar el aire a emplear cuando no es de la calidad suficiente, tal como se expone en la figura 1. Por otro lado, también hay que tener en cuenta este problema al decidir la situación de la toma de aire para evitar el riesgo de introducir en el local aire contaminado si se sitúa dicha toma próxima a una emisión de aire contaminado.

Debe quedar claro que los ventiladores de sobremesa o techo o los aparatos clásicos de climatización que “mueven” el aire (tipo “fan coil”) no son sistemas de ventilación, ya que no cumplen la condición de renovación indicada. En este último caso se suele hablar de “acondicionamiento del aire” como concepto

LA VENTILACIÓN ES FUNDAMENTAL EN LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN A PRODUCTOS QUÍMICOS POR INHALACIÓN

distinto al de ventilación. La ventilación y el acondicionamiento del aire son técnicas complementarias y en muchas ocasiones se diseña una instalación con la finalidad de cumplir los objetivos simultáneamente (renovar el aire, acondicionarlo y moverlo).

## APLICACIONES DE LA VENTILACIÓN

Como norma general, los sistemas de ventilación tienen por objeto mantener unas condiciones del aire adecuadas para el desarrollo de la actividad, lo que en la práctica significa:

- proveer la cantidad de aire fresco necesaria para cubrir las necesidades de las personas que ocupan el local
- suministrar el aire necesario para ciertos procesos productivos, como las combustiones, y evacuar el anhídrido carbónico y otros productos generados por las personas, y los contaminantes y el vapor de agua generados por el proceso productivo
- extraer aire caliente, reemplazándolo por aire más frío para mantener la temperatura a un nivel aceptable, actividad que normalmente necesita el apoyo de instalaciones auxiliares (baterías de enfriamiento del aire) ya que la ventilación por sí misma es poco eficaz para esta función.

Dado que la ventilación permite, al menos en teoría, eliminar los riesgos ocasionados por la presencia de contaminantes en el aire, sin apenas alterar el proceso productivo ni el método de trabajo, existe cierta tendencia a utilizar soluciones de ventilación para todos los problemas de exposición a contaminantes químicos sin investigar otras alternativas que pueden ser más eficaces (sustituir productos, modificar o aislar procesos o cambiar métodos de trabajo). La obtención de una ventilación eficaz para la eliminación de contaminantes químicos requiere un estudio relativamente profundo y complicado, lo que explica que se diseñen y construyan instalaciones de ventilación poco eficaces si dicho estudio previo no se realiza con detenimiento.

## MÉTODOS DE VENTILACIÓN

La renovación del aire de un local exige la existencia de una fuerza impulsora que mantenga el movimiento del aire; según el origen de la fuerza impulsora se habla de ventilación natural o ventilación forzada.

La *ventilación natural* aprovecha las fuerzas gravitatorias debidas a las diferencias de temperatura entre el aire interior y el exterior o las generadas por la acción del viento. Tiene la ventaja de no consumir energía de origen artificial, pero su aplicación industrial es limitada debido a que no es posible controlar las condiciones ambientales exteriores que gobiernan el proceso. Suele utilizarse sólo para locales grandes poco ocupados (almacenes) o bien en talleres con procesos productivos que

UN SISTEMA DE VENTILACIÓN TIENE QUE TENER SIEMPRE DOS ABERTURAS COMO MÍNIMO, UNA DE ENTRADA Y OTRA DE SALIDA DEL AIRE

generan grandes cantidades de calor que garantizan un gradiente térmico con el exterior suficiente para mantener la ventilación cualesquiera que sean las condiciones exteriores.

La *ventilación forzada* utiliza máquinas (ventiladores) para provocar la circulación del aire. Consumo energía pero garantiza unas condiciones de ventilación constantes y regulables; es la más utilizada en locales de trabajo.

Según sea la disposición de los ventiladores se habla de *ventilación por extracción* o *ventilación por impulsión*. En el primer caso el ventilador extrae el aire del local y en el segundo lo introduce. En cualquier caso es necesario que existan aberturas por donde el aire pueda entrar en el primer caso o salir en el segundo; es decir: un sistema de ventilación tiene que tener siempre dos aberturas como mínimo (una de entrada y otra de salida del aire), independientemente de cómo sea la función del ventilador. En ocasiones se combinan ambos sistemas instalando *ventiladores de impulsión* y *ventiladores de extracción*. En la figura 2 se presentan distintos modelos de ventilación general de un local de trabajo con indicación de su adecuación.

En cuanto a su función, la ventilación puede ser general o localizada. La *ventilación general* consiste en renovar la totalidad del aire del local y técnicamente es equivalente a diluir con aire exterior los contaminantes, el vapor de agua o el calor que contiene el aire interior, por lo que a veces se identifica como *ventilación por dilución*, que puede ser natural o forzada, por impulsión o extracción. La *ventilación localizada* consiste en

#### VENTILACIÓN GENERAL. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

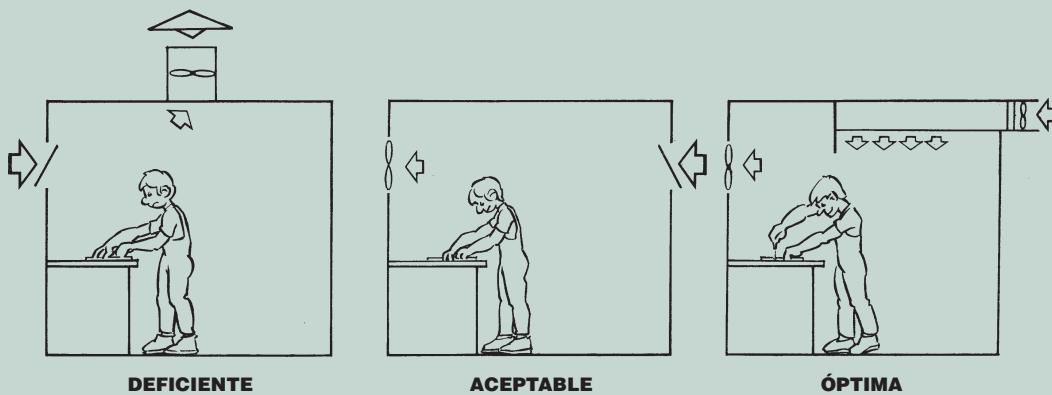


Figura 2.



capturar el contaminante lo más cerca posible del punto de emisión, antes de que se disperse en el local, colocando un punto de aspiración de aire muy cercano al foco y de un tamaño adecuado y por ello recibe el nombre de *extracción localizada*, ya que siempre será un sistema de extracción (nunca de impulsión) y casi siempre forzada. En la figura 3 se presenta un esquema de una instalación de extracción localizada múltiple en un taller.

Según el objetivo que se pretenda conseguir con la ventilación, se deberá utilizar un sistema u otro. La ventilación general se emplea para reponer el aire viciado por la presencia de personas y también para el acondicionamiento térmico de un local, mientras que la extracción localizada es más eficaz para la eliminación de contaminantes químicos; si el proceso genera vapor de agua, puede ser útil una combinación de ambos sistemas. En consecuencia, dada la variedad de exigencias, puede ocurrir que en un taller o fábrica deban instalarse varios sistemas de ventilación, cada uno de ellos destinado a satisfacer unas necesidades concretas; un ejemplo típico de combinación de ambos sistemas es el laboratorio, donde la ventilación general suele utilizarse junto con las vitrinas de laboratorio (extracción localizada). Ello lleva a considerar con detalle la aplicabilidad de cada sistema, conociendo las limitacio-

nes de cada uno y valorando las necesidades conjuntas de todos ellos a la vez. Al final del capítulo se resumen sus principales ventajas y limitaciones.

## CUANTIFICACIÓN DE LA VENTILACIÓN

El parámetro fundamental que caracteriza un sistema de ventilación es el *caudal*, que es la cantidad de aire vehiculado (introducido/extráido) por unidad de tiempo; la unidad es el  $\text{m}^3/\text{s}$  o el  $\text{m}^3/\text{h}$ .

En el caso de la ventilación general de locales, los datos de diseño se suelen expresar en forma de tasa de ventilación, que

ES PREFERIBLE REFERIR LA TASA DE VENTILACIÓN AL CAUDAL POR OCUPANTE, SUPERFICIE O EMISIÓN DE CONTAMINANTE, QUE A RENOVACIONES POR HORA

es el caudal referido a algún parámetro significativo, por ejemplo:  $\text{m}^3/\text{h}$  y ocupante,  $\text{m}^3/\text{h}$  y kg producido o  $\text{m}^3/\text{h}$  y  $\text{m}^2$  de superficie, aunque en algunos casos también se refiere a  $\text{l/s}$ . La tasa que ha venido siendo más comúnmente utilizada refiere el caudal de la ventilación al volumen del

local ( $\text{m}^3/\text{h}$  y  $\text{m}^3$  de local) que equivale al número de veces que se renueva el aire del local en una hora (renovaciones/hora), lo que lleva a evaluar un sistema de ventilación especificando, o midiendo, el número de renovaciones/hora. Hay que tener en cuenta que ello no es técnicamente suficiente, ya que en muchos casos la idoneidad de un sistema de ventilación sólo se puede evaluar eficazmente especificando directamente el caudal o la tasa referida a algún parámetro característico y no al volumen del local.

## VENTILACIÓN GENERAL DE LOCALES

Como ya se ha indicado, la ventilación general consiste en renovar todo el aire contenido en un local reemplazándolo con aire exterior. Esta acción provoca la mezcla del aire interior contaminado o con mucha humedad o caliente con aire exterior limpio, más seco o más frío reduciendo la concentración del contaminante, la humedad o la temperatura. Por otra parte, la actividad humana requiere una cierta cantidad de aire fresco que también debe ser suministrado por un sistema de ventilación general. En consecuencia, son dos las posibles utilidades de un sistema de ventilación general y prácticamente uno de ellos (el aporte de aire para consumo humano) sólo puede ser satisfecho mediante este tipo de ventilación, por lo que la ventilación general de los locales de trabajo es un requisito imprescindible.

El RD 486/1997 sobre lugares de trabajo impone que el aporte de aire limpio a los locales de trabajo sea, como mínimo, de 30 m<sup>3</sup>/h [8,3 l/s] y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en locales no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 m<sup>3</sup>/h [13,9 l/s] y trabajador en los demás casos. Éstos son *requisitos mínimos* que únicamente garantizan el aporte necesario para evitar el aire viciado y los olores desagradables debidos a la actividad humana y no otras necesidades como la evacuación de contaminantes o de un exceso de vapor de agua. El RD 1751/1998, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) cita como referencia la norma UNE 100.011:1991, anulada y sustituida por la UNE-EN 13779 Ventilación en edificios no residenciales. En dicha norma se establecen cuatro niveles de calidad de aire (alta, media, moderada y baja) definidos en función de las concentraciones de dióxido de carbono, como indicador de la emisión de bioefluentes, y también en función de los decipols (CEN CR 1752). En la figura 4 se reproducen los caudales de aire por persona y por m<sup>2</sup> de superficie fijados por la norma en función de la calidad de aire interior deseada.

### Necesidades de ventilación para la actividad humana

CAUDALES DE AIRE EXTERIOR EN L/S SEGÚN LA NORMA UNE-EN 13779						
Categoría	Calidad	ppm CO <sub>2</sub>	Decipols	Tasa de aire exterior por persona (no fumadores) l/s	Tasa de aire exterior por persona (fumadores) l/s	Tasa de aire exterior o transferido por m <sup>2</sup> de superficie l/s
IDA 1	Alta	<400	<1	>15	>30	*
IDA 2	Media	400-600	1,0-1,4	10-15	20-30	>0,7
IDA 3	Moderada	600-1000	1,4-2,5	6-10	12-20	0,35-0,7
IDA 4	Baja	>1000	>2,5	<6	<12	<0,35

IDA: Aire interior  
\*No aplicable

Figura 4.

Si se pretende utilizar un sistema de ventilación general para disminuir la concentración ambiental de un contaminante hay que tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- a) La ventilación general sólo es adecuada para evitar riesgos generados por contaminantes de baja toxicidad (Valor Límite superior a 500 ppm).

### Necesidades de ventilación para diluir contaminantes

- b) Si los focos de generación del contaminante son identificables, siempre es preferible utilizar sistemas de extracción localizada; sólo en caso de generaciones dispersas se debe planificar una ventilación general.
- c) Han de preverse entradas (o salidas) del aire que no sean manipulables.
- d) Los puntos de entrada y salida de aire deben distribuirse por todo el local. Si no se hace así, unas zonas estarán ventiladas en exceso, ocasionando corrientes de aire molestas, y otras zonas se hallarán infraventiladas. En consecuencia se tendrá una mala *eficacia* en la ventilación del local.
- e) El caudal de ventilación debe calcularse en función de la cantidad de contaminante liberado y de la concentración máxima admisible, lo que lleva a especificar la ventilación como una tasa basada en la generación ( $\text{m}^3/\text{h}$  y  $\text{kg}$  de contaminante generado) independientemente de cuál sea el volumen del local, que influirá solamente en el tiempo en que se tardará en alcanzar el régimen estacionario. A mayor volumen, menor velocidad en el aumento de la contaminación. De manera simplificada y para el estado estacionario, el cálculo se basa en la fórmula: donde:

$$Q = \left( \frac{G}{C} \right) K$$

G = velocidad de generación de la contaminación en  $\text{mg}/\text{h}$

C = concentración del contaminante en el aire en  $\text{mg}/\text{m}^3$

Q = caudal real de ventilación,  $\text{m}^3/\text{h}$

K = factor de seguridad para tener en cuenta que la mezcla no es completa

Los valores de K se presentan en la figura 5.

FACTOR DE SEGURIDAD EN VENTILACIÓN GENERAL					
POLVO*VLA ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	GAS – VAPOR VLA** ppm	K según eficacia de la ventilación			
		Pobre	Mediana	Excelente	
>0,5	>500	6	4	2	
0,1 – 0,5	100 – 500	7	5	3	
<0,1	<100	10	8	6	

\* Como norma general, se desaconseja la utilización de ventilación general en exposiciones a polvo, nieblas y fibras.  
 \*\* Téngase en cuenta el necesario cambio de unidades (de  $\text{mg}/\text{m}^3$  a ppm ( $\text{ml}/\text{m}^3$ )).

Figura 5.

Para el caso de disolventes volátiles las tasas resultan estar entre 400 y 5000 metros cúbicos de aire por litro de disolvente evaporado.

- f) Hay que asegurarse de que el aire contaminado que se expulsa del local no reingresa a través de las aberturas para entrada del aire. Para ello los puntos de descarga y aspiración deben estar alejados.
- g) Hay que procurar que la circulación del aire en el local aleje la contaminación de la zona ocupada, es decir, que los puestos de trabajo deben estar entre la entrada de aire fresco y los focos de generación de la contaminación.

### VENTILACIÓN POR DILUCIÓN DE PROCESOS

Un caso particular de la ventilación por dilución lo constituye la ventilación de hornos o estufas en los que se procede al secado por evaporación de un disolvente. La ventilación es necesaria para eliminar los vapores de disolvente y mantener la concentración por debajo del límite inferior de inflamabilidad. Por motivos de ahorro de energía las estufas y hornos de secado disponen de un sistema de recirculación del aire, de forma que, si no tienen prevista la evacuación del aire, la concentración de vapores en el interior de la estufa aumenta de forma constante, pudiendo llegar a límites peligrosos. El diseño de una ventilación de un horno o estufa debe basarse en los principios siguientes:

- a) Debe existir un ventilador cuya única función sea la evacuación de aire del interior de la estufa hacia el exterior. No son fiables los sistemas basados en colocar una compuerta o válvula de tres vías, en el circuito de recirculación, para que una parte del aire sea evacuado.
- b) Como en todo sistema de ventilación, debe existir una abertura por la que pueda entrar el aire que se extrae de la estufa.
- c) El caudal de la ventilación debe basarse en la cantidad de disolvente evaporado en la unidad de tiempo y en el valor del límite inferior de inflamabilidad del disolvente, teniendo en cuenta que a temperaturas elevadas este límite es más bajo que a temperatura ambiente. De una manera general, la fórmula planteada en el apartado anterior sería aplicable en este caso sustituyendo el valor límite para la protección de la salud por el límite inferior de inflamabilidad.
- d) Debe existir una alarma de seguridad que puede basarse en un controlador de flujo de aire en el circuito de evacuación a la atmósfera que dé una señal en caso de detectar falta

de caudal, en un detector del funcionamiento del ventilador de extracción o en un detector de atmósfera explosiva, situado en el interior de la estufa o en el circuito de recirculación de aire.

e) El diseño de la estufa debe ser tal que no existan zonas de aire estancado a las que no llegase la circulación de aire y en las que pudiera formarse una atmósfera explosiva.

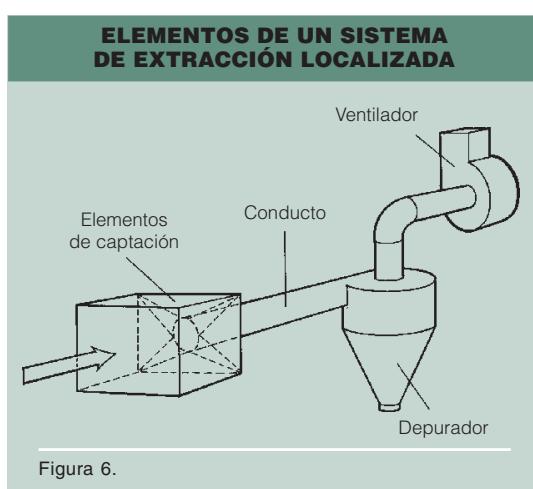
f) Como medida de protección, toda estufa debería estar equipada con paramentos débiles de tamaño suficiente para que, en caso de producirse una explosión, se liberaran a través de ellos los gases y la onda expansiva. La descarga de estos paramentos débiles debe conducirse hacia una zona segura.

## EXTRACCIÓN LOCALIZADA

La extracción localizada es una técnica de ventilación que se basa en captar los contaminantes generados lo más cerca posible del foco, evitando así su dispersión en el ambiente. Es un sistema muy utilizado para la eliminación de riesgos ocasionados por agentes químicos por su elevada eficacia, ya que, captando los contaminantes en el mismo punto en que se liberan, se puede conseguir una concentración en los puestos de trabajo prácticamente nula con un caudal relativamente bajo. La limitación reside precisamente en la necesidad de que el foco de generación esté localizado y que sea de tamaño relativamente pequeño. Por ejemplo, no se puede concebir una extracción localizada para solucionar una contaminación por polvo en un almacén de materiales pulverulentos a granel, mientras que es obvia en la mayoría de máquinas de una carpintería.

Un sistema de extracción localizada consta de tres elementos: *campana*, que es la parte del sistema situada junto al foco de generación por donde se produce la aspiración del aire contaminado; *conducto*, que une la campana con el ventilador y por donde circula el aire aspirado y el contaminante captado; y *ventilador*, que proporciona la energía necesaria para hacer circular el aire a través de la campana y los conductos.

En función del contaminante y de las normativas aplicables sobre protección del ambiente atmosférico, puede ser necesario añadir un *depurador* al sistema de forma que la concentración en el aire verti-



do al exterior cumpla con los requisitos sobre emisiones atmosféricas. Un esquema de una instalación incluyendo el depurador se presenta en la figura 6.

Un sistema de extracción localizada funciona correctamente cuando, en las inmediaciones del foco del cual se pretende captar el contaminante emitido, su concentración se encuentra al nivel que había previsto el diseñador. Se dice entonces que el sistema de extracción es eficaz.

La eficacia de un sistema de extracción localizada viene condicionada por la capacidad de generar, en la zona de liberación del contaminante, una corriente de aire suficiente para arrastrarlo hacia la campana de aspiración, denominada "velocidad de captación". Para lograr este objetivo las reglas a seguir son:

- a) La campana debe ajustarse a la forma del foco y estar lo más próxima posible al mismo. La campana ideal sería aquella que encerrase completamente el foco. En la práctica ello no suele ser posible, pero los diseños se van acercando a esta condición, siendo la vitrina (cabina) de laboratorio un ejemplo característico (ver la figura 7). En cualquier caso, el diseño de la campana (su forma y dimensiones) es el factor decisivo que hace que una extracción localizada sea eficaz o no. Este requerimiento hace que no puedan darse normas generales, ya que cada máquina o instalación requiere un diseño específico existiendo una abundante literatura especializada en la que se describen diseños de campanas para multitud de operaciones y máquinas. A título de ejemplo, se presentan algunos diseños en las figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13.
- b) El caudal de aire necesario debe determinarse teniendo en cuenta el diseño de la campana, la toxicidad del contaminante y la existencia de corrientes de aire externas que puedan interferir con la aspiración.
- c) El ventilador elegido debe ser capaz de suministrar el caudal necesario venciendo las pérdidas de carga que se producirán al circular el aire por los conductos y por el depurador, si existe.
- d) Como en todo proceso de ventilación debe preverse la entrada de aire en el recinto en el que se aplica la extracción localizada.

LA EXTRACCIÓN LOCALIZADA EVITA LA DISPERSIÓN DEL CONTAMINANTE EN EL AMBIENTE

**Criterios de diseño de un sistema de extracción localizada eficaz**

**CABINA DE LABORATORIO**

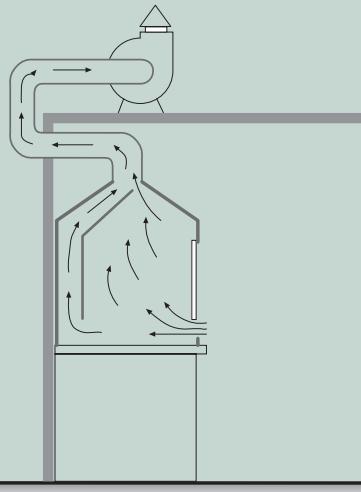


Figura 7.

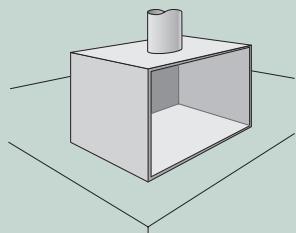
**CABINA SIMPLE DE SOBREMESA**

Figura 8.

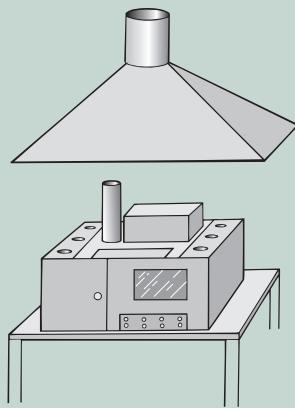
**CABINA (CAMPANA) SUSPENDIDA**

Figura 9.

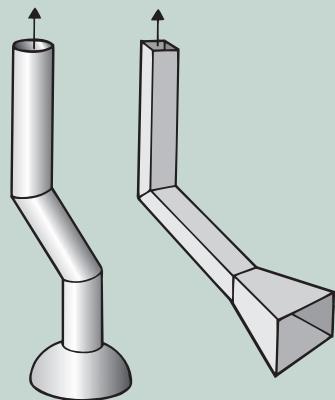
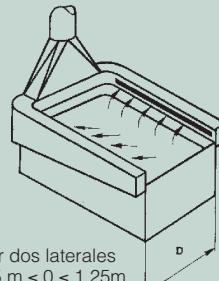
**CAMPANAS CON BRAZO DESPLAZABLE**

Figura 10.

**CUBA CON ASPIRACIÓN LATERAL**

Aspiración por dos laterales  
de la cuba  $0,5 \text{ m} \leq 0 \leq 1,25\text{m}$

Figura 11.

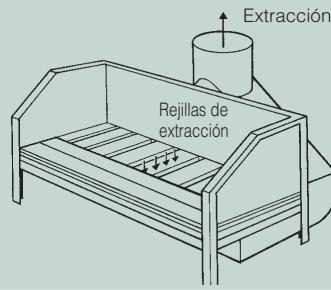
**MESA DE TRABAJO CON ASPIRACIÓN DESCENDENTE**

Figura 12.

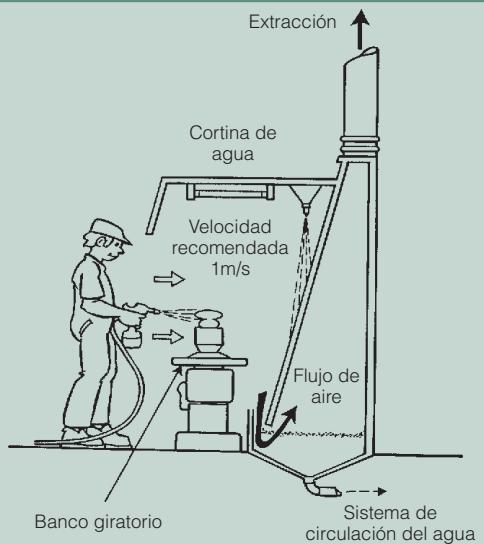
**CABINA DE PINTURA**

Figura 13. Adaptada de COSHH Essentials.HSE, 1999

La comprobación de que un sistema de extracción localizada es eficaz se basa, según lo comentado anteriormente, en mediciones de la concentración ambiental del contaminante en los puestos de trabajo. Esta comprobación, sin embargo, es compleja y cara, por lo que no suele realizarse más que al inicio. Las comprobaciones periódicas se apoyan en la medida de la velocidad de captación y del caudal o de la velocidad del aire en la campana de aspiración. También son muy útiles, para comprobaciones rápidas, los sistemas generadores de humo que permiten visualizar las corrientes de aire. Si se utiliza este sistema hay que comprobar que el humo generado en cualquier punto donde se libere contaminante debe dirigirse de forma clara hacia la campana; en caso contrario, es probable que la eficacia de captación sea insuficiente. La medida de las presiones en puntos significativos del circuito de ventilación, para comprobar si son las que constan en el diseño, es también una acción eficaz de control.

### Comprobación del funcionamiento

VENTILACIÓN GENERAL VERSUS EXTRACCIÓN LOCALIZADA		
VENTILACIÓN DILUCIÓN vs LOCALIZADA	Ventilación por dilución	Extracción localizada
Diseño	Mayor sencillez de diseño, cálculo y construcción	Diseño más difícil de las campanas de extracción y de la red de conductos
Inversión inicial	Generalmente más baja	Más elevada debido a la necesidad de construir campanas y conductos
Eficacia de funcionamiento	Diluye el contaminante de forma variable y poco reproducible	La captura es total eliminando completamente la exposición de los trabajadores
Movimiento del aire	Mueve grandes volúmenes de aire, con fuerte incidencia en el balance térmico del local	Para una misma eficacia de control, mueve volúmenes de aire mucho menores, con mejor balance térmico del local
Influencia de corrientes laterales	Muy influido por las corrientes de aire, que pueden afectar mucho su eficacia	Depende de lo cerrada que sea la campana. Mucha influencia en campanas abiertas (exteriores), prácticamente nula en las de tipo cerramiento
Concentración del contaminante	La concentración del contaminante en la corriente de salida es prácticamente igual a la concentración en el ambiente	La concentración del contaminante en la corriente de salida es muy superior a la existente en el ambiente general
Depuración del aire	Cuando es necesario depurar el aire, el sistema será más costoso por el mayor volumen de aire a tratar	Los sistemas de depuración son menos costosos, por el menor volumen de aire manejado; y más eficaces, por la mayor concentración del contaminante
Limpieza	Si el contaminante es polvo, puede producir deposiciones sobre las superficies de donde puede ser removido contribuyendo a generalizar la contaminación	Muchas partículas sedimentables son captadas por el sistema, impidiendo su posterior sedimentación y mejorando la limpieza de la nave
Otros	Si el contaminante es un líquido, vapor o gas, puede afectar a los equipos y materiales	Se elimina el riesgo de corrosión de equipos y materiales

Figura 14.

## MANTENIMIENTO

Todos los sistemas de ventilación, como cualquier instalación, necesitan un mantenimiento periódico para conservar su funcionalidad a lo largo del tiempo. Además de la comprobación periódica y frecuente del funcionamiento, es necesario programar la revisión de los conductos y ventiladores para detectar roturas, fugas o corrosiones; la limpieza periódica de los conductos y ventiladores es un requisito indispensable; además, deben programarse las operaciones clásicas de mantenimiento de los motores eléctricos de los ventiladores.

## ELECCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

Como ya se ha comentado, la ventilación general y la extracción localizada presentan una serie de ventajas y limitaciones que se deben tener muy en cuenta a la hora de planificar la ventilación de un local en el que existe contaminación por agentes químicos. En la figura 14 se presenta una tabla comparativa de ambos métodos de ventilación.

# Protección individual frente al riesgo químico

# 16

## INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, que transpone a la legislación española la Directiva 89/656/CEE de 30 de noviembre, define los Equipos de Protección Individual (EPI) como *“cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”*. Este Real Decreto excluye de la definición, entre otras cosas, la ropa de trabajo corriente, pero no la que ofrece protección frente a algún riesgo.

Es importante establecer un principio de utilización de dichos equipos que, además de conocido y ampliamente difundido y aplicado con criterios técnicos, está recogido por la Ley de Prevención de Riesgos laborales (LPRL), en su art. 17 y asimismo en el art. 4 del citado Real Decreto y es de obligada observancia y cumplimiento por parte del empresario: *“los EPI deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo”*.

En línea con lo anterior, el RD 374/2001, en su artículo 5: Medidas específicas de prevención y protección, enumera las medidas a tomar, por orden de prioridad, y en última instancia contempla *“las medidas de protección individual, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual, cuando las medidas anteriores* (se refiere a las de aislamiento o encerramiento del agente químico, de protec-

ción colectiva u organizativas) sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios".

Este criterio universal de utilización de la protección individual es, si cabe, aún más importante cuando se trata de la protección frente al riesgo químico, especialmente por lo que a las protecciones respiratorias se refiere. En consecuencia, la convierte en una medida de carácter excepcional a la que tan sólo se debe recurrir cuando se han agotado todas las vías alternativas que, preceptivamente, se deben intentar con carácter prioritario para eliminar el riesgo. En general, se recurrirá a la protección individual cuando:

- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas aplicadas sean insuficientes.
- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas son técnicamente inviables.
- Las medidas de prevención y protección colectiva que sean oportunas no puedan adoptarse inmediatamente y se deba recurrir provisionalmente a dicha protección individual.
- Se trate de efectuar operaciones puntuales o de una situación eventual que no justifique la implantación de medidas permanentes. En estos supuestos se debe garantizar que el uso de un EPI proporciona un nivel de protección equivalente al que proporcionarían las medidas a las que sustituye.
- Se produzcan situaciones de emergencia, rescate o auto-salvamento. En este caso se utilizarán siempre.

También debe contemplarse el uso de EPI como complemento de otras actuaciones que, tras haber sido implantadas, no garantizan un control suficiente de la situación de riesgo.

En estos supuestos excepcionales en que se debe acudir a los EPI como última medida a tomar para eliminar las consecuencias de la situación de riesgo o, en su defecto, para disminuir la gravedad de aquellas, la LPRL en su art. 29 y el Real Decreto 773/1997, en su art. 10, obligan a los trabajadores a: "utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste".

## LA GESTIÓN DE LOS EPI

Antes de la implantación de una prenda de protección personal como medida de protección frente a una determinada situación de riesgo químico, se deben analizar una serie de aspectos con el fin de que la adecuación de la medida de protección sea lo más acertada posible.

Como ya se ha dicho, debe estudiarse, en primer lugar, la posibilidad de eliminar la situación de riesgo mediante el empleo de técnicas de protección colectiva u otras medidas de carácter organizativo. La necesidad de acudir a la protección personal como medida de protección frente a una situación de riesgo viene determinada por condicionantes de tipo técnico, como imposibilidad de instalar protección colectiva o existencia de un riesgo residual tras haberla instalado; pero también de tipo económico como repercusión de la protección colectiva en el ritmo de la producción o elevado costo de instalación de la protección colectiva en situaciones de riesgo que se presentan muy ocasionalmente o en situaciones de riesgo de escasa entidad. Frente a este último tipo de condicionantes, tan sólo es admisible acudir a la opción de usar EPI si con su empleo puede alcanzarse un grado de protección óptimo.

Una vez consideradas y agotadas todas las posibilidades de protección mediante medidas de seguridad colectivas, técnicas o de organización, si se ha optado por un EPI como única medida de protección o como complemento de otras medidas para proteger a los trabajadores contra ciertos riesgos residuales, el empresario, antes de seleccionar un determinado equipo, tiene la obligación de proceder a una minuciosa apreciación de sus características para evaluar en qué medida cumple con los requisitos exigibles. Entre ellas cabe señalar las indicadas en la figura 1.

### Necesidad de uso

### Selección del equipo de protección individual

#### CRITERIOS PARA LA CORRECTA SELECCIÓN DEL EPI

- Grado necesario de protección que precisa una situación de riesgo.
- Grado de protección que ofrece el equipo frente a esa situación.
- Adecuación a los riesgos contra los que debe proteger.
- No constituir, por sí mismo, un riesgo adicional.
- Evitar que el equipo de protección personal interfiera en el proceso productivo.
- Tener en cuenta las exigencias ergonómicas y de salud del trabajador.
- Adecuación al usuario, tras los ajustes requeridos.
- Contemplar la posible existencia de riesgos simultáneos.

Figura 1.

Así mismo, y en cumplimiento del mandato legal contenido en la LPRL, se deberá consultar a los trabajadores, permitir su participación y oír y valorar sus propuestas en materia de selección de los EPI más adecuados frente a la situación de riesgo de la que protegerse.

**Adquisición de los EPI**

Tras la selección del EPI con los criterios expuestos, han de examinarse las disponibilidades que el mercado ofrece a fin de que se ajusten a las condiciones y prestaciones exigidas. No deben surgir dudas sobre si servirá, resistirá, será suficiente, etc.

Para garantizar su idoneidad y su calidad (material, construcción, resistencia, etc.) la Administración, a través del Real Decreto 1407/1992, transposición de la Directiva 89/686/CEE, exige como requisito indispensable para que un EPI pueda importarse, comercializarse y ponerse en servicio *“que garantice la salud y la seguridad de los usuarios, sin poner en peligro la salud ni la seguridad de las demás personas”*. Para ello, todo EPI debe cumplir las exigencias esenciales de sanidad y seguridad que se le fijan.

El fabricante de un EPI y/o su mandatario en la UE, cuando el EPI satisfaga las citadas exigencias, lo comercializará identificado con la marca “CE”. Dicha marca se colocará en cada EPI fabricado y en su embalaje, de forma visible, legible e indeleble durante el período de duración previsible de dicho EPI. Gracias a ello el usuario podrá saber qué EPI de los existentes en el mercado cumple las exigencias esenciales de sanidad y seguridad.

Asimismo, el fabricante tiene la obligación de elaborar y entregar al usuario, y por tanto éste tiene el derecho a exigirlo si no se le entrega, un folleto informativo con información útil sobre la correcta utilización y conservación del equipo. Este folleto de información estará redactado de forma precisa, comprensible y, por lo menos, en la o las lenguas oficiales del Estado miembro destinatario.

**Normalización interna de uso**

Una vez seleccionados y adquiridos los equipos más adecuados y previamente a su distribución, se deben normalizar por escrito todos aquellos aspectos tendentes a velar por el uso

**INFORMACIÓN – FORMACIÓN PARA EL USUARIO**

- a) En qué zonas de la empresa es preceptivo el uso de un determinado EPI.
- b) En qué tipo de operaciones es preceptivo el uso de un determinado EPI.
- c) Instrucciones para su correcto uso.
- d) Limitaciones de uso, caso de que las hubiera.
- e) Instrucciones de almacenamiento, limpieza, conservación y mantenimiento.
- f) Fecha o plazo de caducidad del EPI o sus componentes.
- g) Criterios de detección del final de vida útil.

Figura 2.

efectivo de los mismos y a optimizar su rendimiento. Para ello se deberá informar de manera clara y concreta sobre los aspectos indicados en la figura 2. Para reforzar la obligatoriedad de uso, la normalización podrá hacer referencia a las disposiciones legales al respecto y a las sanciones en caso de incumplimiento.

Los EPI están destinados a un uso personal y, por consiguiente, su distribución y normalización interna debe ser personalizada, ya que, para ser eficaces, deben ajustarse a las características anatómicas de cada trabajador y ello debe tenerse presente previamente a su adquisición. Cada usuario debe ser instruido sobre las características de los equipos que se le entregan y ser responsable del mantenimiento y la conservación del equipo, siguiendo las indicaciones que al respecto se le han dado. Para ello debe establecerse un mecanismo de seguimiento y control.

Es imprescindible la intervención del Servicio de Prevención o del técnico de prevención en todo el proceso, desde la elección hasta la correcta utilización o conservación para conseguir resultados óptimos del equipo necesario frente a una situación de riesgo, estando al corriente de los problemas que se presenten en la utilización de protecciones personales, en la forma correcta de utilización y en que no se toleren excepciones en las zonas en que su utilización sea obligada.

#### Distribución

#### Supervisión

LOS CRITERIOS DE GESTIÓN DE LOS EPI SON:  
NECESIDAD, SELECCIÓN, ADQUISICIÓN,  
NORMALIZACIÓN INTERNA DE USO,  
DISTRIBUCIÓN Y SUPERVISIÓN

## CLASIFICACIÓN DE LOS EPI FRENTE AL RIESGO QUÍMICO

Los EPI que tienen un interés protector frente al riesgo químico se clasifican, según la parte del cuerpo que protegen, en equipos de protección respiratoria y equipos de protección dérmica. Los primeros pueden ser dependientes o independientes del medio ambiente, clasificándose estos últimos en autónomos y semiautónomos. Los equipos de protección de la vía dérmica se clasifican a su vez en función de la parte del cuerpo que protegen: cabeza, cara y ojos; manos y brazos; tronco y abdomen; pies y piernas; piel; y protección total (figura 3).

<b>CLASES DE EPI A UTILIZAR FRENTE A DISTINTOS RIESGOS POR AGENTES QUÍMICOS</b>	
<b>Parte del cuerpo a proteger</b>	<b>Tipo de EPI</b>
VÍA RESPIRATORIA	Equipos dependientes del medio ambiente. Equipos independientes del medio ambiente.
VIA DÉRMICA Cabeza, cara y ojos	Gafas. Pantallas. Capuces.
Manos y brazos	Guantes contra agresiones químicas. Manguitos.
Tronco y abdomen	Mandiles de protección contra agresiones químicas.
Pies y piernas	Calzado. Polainas.
Piel	Crema protectoras.
Protección total del cuerpo	Ropa de protección contra agresiones químicas.

Figura 3.

### Vía respiratoria

Estos EPI están destinados a impedir que el contaminante penetre en el organismo a través de la vía respiratoria. Son los más importantes desde el punto de vista de la protección de la salud frente al riesgo químico, ya que pueden llegar a constituir la única barrera frente a una atmósfera irrespirable (figura 4). Técnicamente se pueden clasificar en equipos dependientes e independientes del medio ambiente.

#### *Equipos dependientes del medio ambiente*

Utilizan el aire ambiente y lo purifican, es decir, retienen o transforman los contaminantes para que el aire respirable sea inocuo. Un equipo de estas características tiene dos partes claramente diferenciadas: el adaptador facial y el filtro.

El *adaptador facial* tiene la misión de crear un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de forma que el único acceso del aire a ellas sea a través del filtro.

Los adaptadores faciales deben tener una serie de propiedades que se les exige a la hora de certificar su calidad; las principales son: máxima hermeticidad, materiales

LA CARACTERÍSTICA MÁS IMPORTANTE DE UN ADAPTADOR FACIAL ES SU HERMETICIDAD

de fabricación adecuados y comodidad y visibilidad máxima. Existen tres tipos de adaptadores faciales: máscara, mascarilla y boquilla (figura 5).

La *máscara* cubre la boca, la nariz y los ojos; debe utilizarse cuando el contaminante tiene poder irritante, para evitar su efecto sobre la mucosa ocular o, en cualquier caso, cuando pueda penetrar a través de ella. La *mascarilla* cubre la nariz y la boca solamente, mientras que la *boquilla* ofrece una conexión entre la boca y el filtro y dispone de un sistema que impide la entrada de aire no filtrado por la nariz (pinza); por la incomodidad que supone, su utilización se limita a situaciones excepcionales.

La otra parte de una protección individual dependiente del medio ambiente es el *filtro* o filtros que tienen la misión de purificar el aire que pasa a través de él, eliminando o minimizando su contaminación. Se pueden clasificar en tres clases: mecánicos, químicos y mixtos.

Los filtros *mecánicos* retienen el contaminante, poniéndole trabas físicas para que no pase. Se emplean para polvo, humos o aerosoles.

Los filtros *químicos* realizan su misión filtrante disponiendo en su interior de alguna sustancia química cuya misión es retener el contaminante, absorbiéndolo o reaccionando con él. Son específicos para una sustancia o grupo de sustancias de parecidas características químicas y sólo deben utilizarse frente a gases y vapores cuando el contaminante pueda ser detectado por su olor o cuando el filtro vaya dotado de un indicador que, bien por cambio colorimétrico, bien por desprendimiento de olor o por cualquier otro tipo de señal, indiquen el fin de su vida útil.

Los filtros *mixtos* realizan consecutivamente la acción de los filtros mecánicos y de los químicos.

#### PROTECTORES DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS

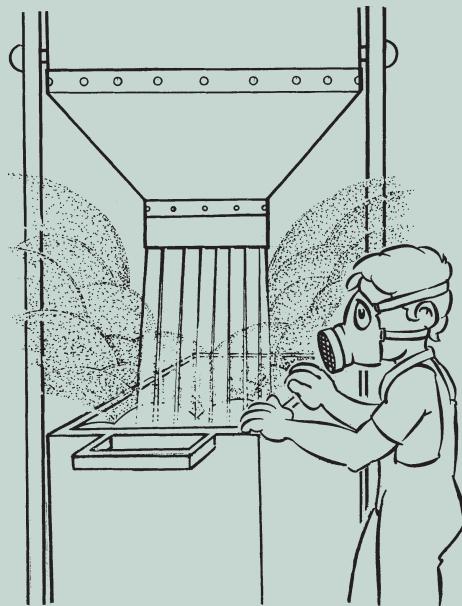


Figura 4.

#### ADAPTADORES FACIALES



Figura 5.

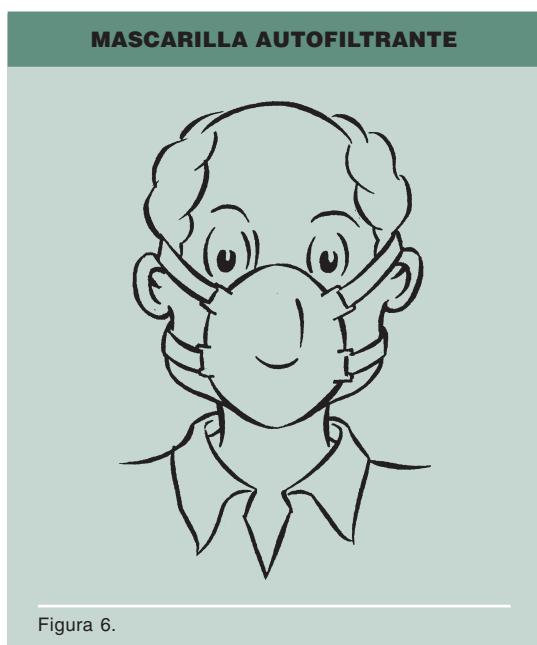


Figura 6.

Los filtros se clasifican en distintas categorías según dos propiedades fundamentales: la resistencia al paso del aire y su permeabilidad al contaminante. La resistencia al paso del aire se mide a través de la pérdida de carga y, cuanto más pequeña es, más cómoda resulta la utilización del filtro. La segunda propiedad se denomina también “penetración”, que es la concentración del contaminante que atraviesa el filtro. Naturalmente la clasificación de los filtros otorga la mejor categoría o clase a aquellos cuya pérdida de carga y penetración es menor. Otra característica de los filtros es su vida media, que es el tiempo que tarda un filtro en alcanzar la máxima penetración admisible para una concentración conocida.

Un tipo especial de protector respiratorio dependiente del medio ambiente es la *mascarilla autofiltrante*. Ésta reúne, en un

sol solo cuerpo inseparable, el adaptador facial y el filtro. La principal ventaja es su bajo peso y poca pérdida de carga, lo que las hace más cómodas que las mascarillas convencionales (figura 6).

Aunque el fabricante debe informar en el folleto informativo de la fecha o plazo de caducidad de los filtros (cuando ello sea posible), existen una serie de aspectos relacionados que deben ser tenidos en cuenta. Por ejemplo, una vez abiertos sus precintos, no deben utilizarse durante más de una semana, guardándose entre jornadas o después de su uso en bolsas de plástico herméticas, para evitar su autocontaminación. Por lo que se refiere a las mascarillas autofiltrantes y los filtros de papel, sólo deben utilizarse una vez. Finalmente, mientras que los filtros frente a partículas deberán cambiarse cuando el usuario denote una excesiva resistencia a la respiración, los filtros frente a gases y vapores deberán cambiarse cuando el usuario detecte el contaminante con el equipo perfectamente ajustado.

Otro aspecto a comentar es el “factor de protección nominal” (FPN), que es el parámetro definitorio de la eficiencia del equipo de protección respiratoria y que debe figurar en el folleto informativo del fabricante. Dicho parámetro se define como la inversa de la fuga, e indica en múltiplos del valor límite ambiental cuál es la concentración máxima de contaminante a la que puede enfrentarse el equipo.

Cuanto mayor es el FPN, mayor es la protección respiratoria conseguida. Por otro lado, para la correcta elección del equipo

habrá que conocer su factor de protección, pero también la concentración máxima esperable del agente nocivo en el aire.

Se exponen a continuación algunos ejemplos sobre el interés del citado parámetro:

Ejemplo 1:

En una empresa destinada a la destilación fraccionada de los subproductos procedentes de la destilación de la hulla se ha estimado una concentración de tolueno media diaria ponderada en tiempo de 401 mg/m<sup>3</sup>. Se desea conocer el factor de protección nominal necesario del equipo que se seleccione para protegerse frente al riesgo evaluado.

Teniendo en consideración que para el tolueno VLA-ED = 191 mg /m<sup>3</sup>, el factor de protección nominal necesario será:

$$FPN = \frac{401}{191} = 2,09$$

Es decir, el equipo que se seleccione debe tener un factor de protección nominal superior a 2.

Ejemplo 2:

El fabricante de un equipo filtrante frente a vapores orgánicos indica que el factor de protección nominal de su equipo es de 20. Se desea conocer a qué concentración máxima de tolueno podría enfrentarse dicho equipo.

Teniendo en consideración que para el tolueno VLA-ED = 191 mg /m<sup>3</sup>, la concentración ambiental máxima a la que podrá enfrentarse el equipo será de:

$$C = 20 \times 191 = 3820 \text{ mg/m}^3$$

Para el caso de los equipos filtrantes es habitual expresar el factor de protección nominal implícitamente mediante la utilización de "clases de protección". Se definen las siguientes clases de protección (figuras 7 y 8):

FILTROS FRENTE A PARTÍCULAS		
Clase de protección	% retención / (fuga)	Factor de Protección Nominal
1	80 / (20)	5
2	94 / (6)	16.7
3	99.95 / (0.05)	2000

Figura 7.

<b>FILTROS FRENTA A GASES Y VAPORES (A, B, E, K, OTROS)</b>	
<b>Clase de protección</b>	<b>Concentración máxima</b>
1	Hasta 10 veces el VLA y máximo 100 ppm
2	Hasta 100 veces el VLA y máximo 5000 ppm
3	Hasta 100 veces el VLA y máximo 10000 ppm

Figura 8.

Ejemplo 3:

¿Hasta qué concentración máxima de tolueno se puede utilizar un filtro A3?

$$\text{Conc.} = 100 * \text{VLA} = 100 * 191 \text{mg/m}^3 = 19100 \text{mg/m}^3 \sim 4990 \text{ppm}$$

Otra modalidad de EPI peculiar en su concepción, pero que

está siendo muy utilizado en algunos trabajos, concretamente en agricultura, es el casco con aporte de aire filtrado a presión positiva. Este sistema, cuya principal ventaja reside en que el usuario no ha de perder carga alguna, consiste en un casco con pantalla facial transparente por cuyo interior desciende una cortina de aire filtrado a través de un mecanismo de pequeño tamaño, que el usuario transporta en su cintura o en el propio casco (figura 9).

Los EPI dependientes del medio ambiente no deberán utilizarse en atmósfera con niveles de concentración inmediatamente peligrosas para la vida o la salud del trabajador (IPVS) ni tampoco cuando la concentración de oxígeno en el ambiente sea inferior al 17% vol.

#### *Equipos independientes del medio ambiente*

Si se dan las condiciones anteriormente indicadas, debe utilizarse un equipo independiente del medio ambiente que se caracterizan porque el aire que respira el usuario no es el del ambiente de trabajo. Se clasifican en semiautónomos y autónomos.

Los equipos *semiautónomos* utilizan el aire de otro ambiente diferente al del tra-

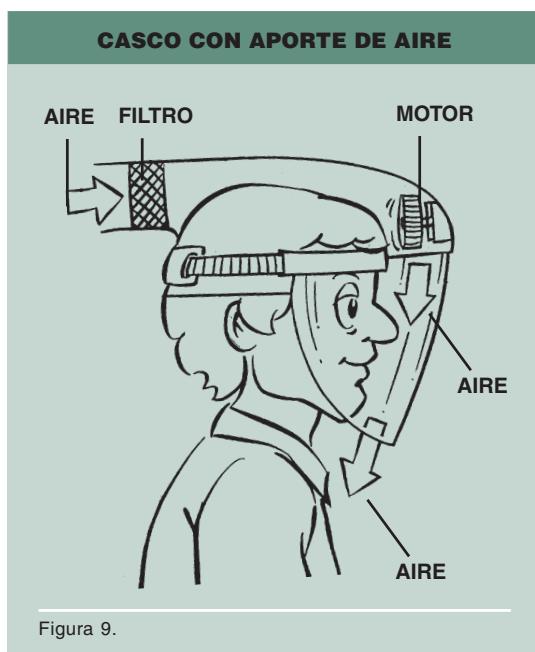


Figura 9.

LOS EPI DEPENDIENTES DEL MEDIO AMBIENTE NO PUEDEN UTILIZARSE EN AMBIENTES POBRES EN OXÍGENO O CON CONTAMINANTES MUY TÓXICOS

bajo, no contaminado y transportado a través de una canalización (manguera) o proveniente de recipientes a presión no portátiles. Disponen de un adaptador facial, generalmente de tipo máscara. El aire puede ser aspirado a voluntad a través de una manguera (manguera de aspiración) o suministrado a presión mediante un compresor o desde botellas de aire comprimido. Estos equipos se utilizan en trabajos en ambientes con muy altas concentraciones de contaminantes o pobres en oxígeno, donde no es necesaria una gran autonomía de movimientos. Los trabajos en el interior de reactores, depósitos y en espacios confinados en general son ejemplos de situaciones donde se utilizan EPI semiautónomos (figura 10).

Los equipos *autónomos* son aquellos en los que el sistema suministrador de aire es transportado por el usuario, por lo que tiene gran libertad de movimientos. Su empleo está recomendado cuando el aire no es respirable y se requiere autonomía y adaptador facial correspondiente y recipientes portátiles con aire a presión (figura 11).

Todos los EPI de protección respiratoria tienen como característica común el producir incomodidad en el usuario e incrementar la fatiga en el trabajo por lo que su utilización debe limitarse en el tiempo. Como precedente legal en España, existe la limitación de uso a *4 horas diarias como máximo*, para EPI de protección respiratoria, que figura en el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. En el mismo se indica en el Artículo 8: "*Equipos de protección individual de las vías respiratorias*":

*2. La utilización de los equipos de protección individual de las vías respiratorias no podrá ser permanente y su tiempo de*

#### EQUIPO SEMIAUTÓNOMO

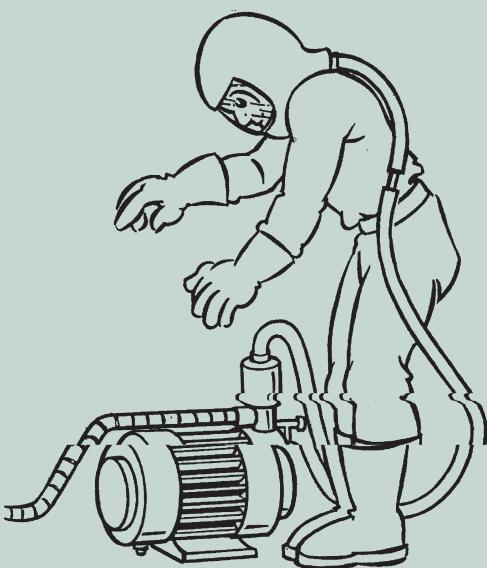


Figura 10.

#### EQUIPO AUTÓNOMO



Figura 11.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA	
CONDICIONES AMBIENTALES	TIPO DE EQUIPO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno ambiental superior al 17%</li> <li>• Concentración ambiental inferior a:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 veces el VLA-ED</li> <li>- 10000 ppm</li> <li>- Índice IPVS (IDLH Level)</li> </ul> </li> </ul>	<b>EQUIPOS FILTRANTES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mascarillas autofiltrantes (FF)</li> <li>- Filtro + adaptador facial (máscara o mascarilla)</li> </ul> <p>Tipos de filtros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>P: Partículas</li> <li>A: Vapores orgánicos</li> <li>B: Vapores inorgánicos</li> <li>K: Amoniaco</li> <li>E: SO<sub>2</sub></li> <li>Otros</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno ambiental inferior al 17%</li> <li>• Concentración ambiental superior a:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 veces el VLA-ED</li> <li>- 10000 ppm</li> <li>- Índice IPVS (IDLH Level)</li> </ul> </li> </ul>	<b>EQUIPOS AISLANTES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Semiautónomos</li> <li>- Autónomos</li> </ul>

Figura 12.

*utilización, para cada trabajador, deberá limitarse al mínimo estrictamente necesario sin que en ningún caso puedan superarse las 4 horas diarias. Durante los trabajos realizados con un equipo de protección individual de las vías respiratorias se deberán prever las pausas pertinentes en función de la carga física y condiciones climatológicas.”*

A modo de resumen, en la figura 12 se exponen los criterios para la selección del tipo de equipo de protección respiratoria.

#### Vía dérmica

La incidencia de una sustancia química sobre la piel puede producir *absorción*: la sustancia química atraviesa la piel y se incorpora a la sangre, para así distribuirse por todo el cuerpo; o bien *contacto dérmico*, dando lugar a destrucción del tejido (corrosivos), inflamación (irritantes) y/o fenómenos de sensibilización (sensibilizantes).

Los efectos anteriores se evitan mediante el empleo de una vestimenta adecuada, con materiales poco absorbentes y resistentes al ataque de los compuestos de que se trata de preservar

al usuario, estando bastante extendido también el empleo de diferentes cremas protectoras. Dependiendo de la parte del cuerpo protegida, se clasifican las prendas de protección en: protectores de cabeza, cara y ojos; de manos y brazos; de pies y piernas; de tronco y abdomen; y de protección completa del cuerpo.

#### *Cabeza, cara y ojos*

La protección craneal, facial y ocular está destinada a impedir que el agresivo químico (sea polvo, líquido o gas; sea en forma de salpicaduras, proyecciones, chorros) pueda dañar al trabajador en aquellas operaciones en que se almacenen, manipulen o trasvasen productos cáusticos, corrosivos, tóxicos, etc.

Las *gafas de protección*, por el diseño de su montura, se clasifican en:

- A) Gafas de tipo universal, las cuales pueden, aunque no necesariamente, ir provistas de protección adicional en caso de que las proyecciones puedan incidir en el ojo no sólo frontalmente, sino también por la zona inferior, lateral o superior.
- B) Gafas de tipo integral, en las que la misma montura forma la protección adicional.
- C) Gafas de cazoletas, constituidas por dos piezas que, integrando el aro portaocular y la protección lateral, encierran cada ojo aisladamente.
- D) Gafas adaptables al rostro, con monturas fabricadas en materiales blandos y flexibles.

Las gafas de protección, para ser eficaces, requieren combinar junto con unos oculares de resistencia adecuada, un diseño de montura o unos elementos adicionales adaptables a ella, a fin de proteger el ojo en cualquier dirección.

El elemento que define el protector que hay que utilizar es la forma de presentación del contaminante. En cualquier caso, el marcado de la montura indica cuál es el campo de uso del protector. (figura 13).

En consecuencia, los protectores adecuados para su uso frente a agentes químicos son aquellos que lleven en el apartado del marcado de la montura relativo al campo de uso los símbolos 3 (para contaminantes líquidos) o 5 (para gases, vapores, aerosoles, humos, etc.).

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA PROTECCIÓN OCULAR	
Símbolo	Campo de uso
Sin símbolo	Uso básico
3	Líquidos
4	Partículas gruesas de polvo
5	Gases y partículas finas de polvo
8	Arco de cortocircuito eléctrico
9	Metales fundidos y sólidos calientes

Figura 13.

Ejemplo:

Un marcado de montura del protector del tipo:

**XXXX – EN 166 – 3 – F**

indica que se trata de un protector válido para ser utilizado frente a contaminantes que se presenten en forma líquida.

En aquellas situaciones de riesgo en que la protección ocular deba hacerse extensible a la cara, se deberán utilizar *pantallas faciales* y *capuces* si se debe proteger también la cabeza. Para aquellos supuestos en que el riesgo para ojos y/o cara coexista con riesgo para las vías respiratorias, el adaptador facial para la protección respiratoria deberá ser forzosamente del tipo “máscara”, con lo que se protegen simultáneamente ambas situaciones de riesgo.

#### *Manos y brazos*

Las manos y los brazos son las partes del cuerpo que suelen entrar en contacto con mayor frecuencia con las sustancias químicas, por lo que la utilización de los EPI es, en muchas ocasiones, el sistema de prevención más utilizado. A diferencia de los protectores de las vías respiratorias, su uso no supone una gran incomodidad o fatiga. Esto y el hecho de que a menudo sea la única solución razonable para prevenir el riesgo, origina una

mayor tendencia a su utilización sin límite de tiempo. Los *guantes* y *manguitos* (figura 14) son las prendas idóneas para proteger manos y brazos.

El nivel de protección del guante depende del producto químico específico, y el fabricante debe hacer referencia en su folleto informativo a cuál es dicho grado de protección para los diferentes productos químicos para los que ha sido diseñado el guante.

La forma en que el fabricante suele presentar la información descrita es mediante la utilización de un pictograma que indica que el guante es adecuado para su utilización frente a riesgo químico, acompañado de una serie de índices que indican las características de rendimiento del guante.

En la figura 15 se incluye un ejemplo explicativo.

El parámetro relativo a la penetración indica la capacidad del producto quími-



Figura 14.

co para pasar a través de agujeros, costuras u otras imperfecciones del material. Un valor 0 indica que el guante es penetrable y un valor 1 indica que el guante es estanco.

Por su parte la permeación indica la capacidad del producto químico para atravesar el guante a nivel molecular. Realmente es el parámetro que va a definir el nivel de protección del guante. Se establecen seis niveles en función del tiempo que tarde el contaminante en transpirar el guante conforme a la figura 16.

Así, en el guante del ejemplo se puede observar que frente a soluciones de formaldehído al 37% el guante presenta una capacidad de protección de al menos 60 minutos, frente a ácido clorhídrico al 10%, de al menos 480 minutos, etc.

#### *Pies y piernas*

La protección de las extremidades inferiores requiere la utilización de *calzado* adecuado acorde con la peligrosidad del producto, preferiblemente del tipo botas y, en su caso, complementado con el uso de *polainas* u otros accesorios que garanticen la total cobertura de las piernas.

#### *Tronco, abdomen y protección completa del cuerpo*

En función del riesgo, se pueden usar prendas que garanticen una protección parcial del cuerpo como *chaquetas, batas, mandiles o pantalones con o sin peto* o, en su caso, las que proporcionen una protección completa del mismo, *trajes completos y estancos*. En uno y otro caso, las costuras deben estar adecuadamente protegidas o selladas e igualmente las cremalleras u otros elementos de cierre. En este sentido habrá que distinguir siempre entre el EPI propiamente dicho y la ropa o uniforme de trabajo.

La elección de un tipo u otro de prenda depende de la parte del cuerpo expuesta y de la forma de presentación del contaminante. En la figura 17 se recogen las distintas posibilidades (el fabricante debe indicar en su folleto informativo a qué

INFORMACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS GUANTES	
	1 Penetración (0 o 1) Permeación (De 1 a 6) 6 Ácido clorhídrico al 10% 6 Ácido acético al 25% 6 Hidróxido de sodio al 50% 3 Formaldehído al 37% 1 Etanol

Figura 15.

INFORMACIÓN SOBRE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN	
Tiempo de transpiración	Índice de protección
> 10 minutos	1
> 30 minutos	2
> 60 minutos	3
> 120 minutos	4
> 240 minutos	5
> 480 minutos	6

Figura 16.

LA PRINCIPAL CONDICIÓN QUE DEBE EXIGIRSE A UN GUANTE ES QUE SEA IMPERMEABLE AL PRODUCTO QUE SE MANIPULA CON ÉL

INFORMACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE ROPA DE PROTECCIÓN					
PARTE DEL CUERPO	Forma Física del Contaminante				
	Vapor, gas	Chorro de líquido	Pulverizado	Pequeñas salpicaduras	Polvo, partículas
	TODO	Trajes tipo 1a, 1b, 1c y 2	Trajes tipo 3	Trajes tipo 4	Trajes tipo 6
ZONAS	Prendas de protección parcial				

Figura 17.

clase pertenece la prenda; no obstante, se puede encontrar información adicional sobre los distintos tipos de trajes frente a riesgos químicos en la publicación del INSHT “Ropa de protección” de la serie “Guías orientativas para la elección y utilización de los EPI”).

Complementariamente, para el material constituyente de la prenda, el fabricante debe indicar cuáles han sido los niveles de rendimiento para los ensayos de penetración y permeación, como ya se ha indicado para el caso de los guantes de protección.

En la utilización y mantenimiento de EPI frente a agresivos químicos en general y más concretamente con referencia a la ropa de protección, deberá tenerse en cuenta que aparte de conocer perfectamente el tipo de uso, sus limitaciones y los sistemas de descontaminación y limpieza, estas prendas deben guardarse desplegadas en lugares secos y bien ventilados, se debe llevar un control que incluya el número de usos, inspecciones y reparaciones y, si se produce una exposición a altas concentraciones de alguna sustancia tóxica, es necesario limpiar externamente la prenda antes de quitársela.

#### **Pautas de utilización**

Aun disponiendo de un equipo de gran calidad, que haya sido seleccionado adecuadamente de acuerdo con los criterios presentados hasta este punto, gran parte de su eficacia frente al riesgo depende de una utilización y de un mantenimiento correctos. De un modo general se pueden establecer las siguientes pautas de utilización:

1. Utilizar el equipo para los usos previstos, siguiendo las instrucciones del folleto informativo del fabricante.
2. Colocarse y ajustarse adecuadamente el equipo conforme a las instrucciones del fabricante y a la formación e información recibida a este respecto.

3. Utilizarlo mientras se esté expuesto al riesgo y tener presentes las limitaciones del equipo indicadas en el “folleto informativo del fabricante”.

Complementariamente y para los distintos tipos de equipos contemplados en este apéndice, a continuación se presentan a continuación una serie de indicaciones orientativas clasificadas por tipos de equipos.

#### *Equipos de protección de las vías respiratorias*

Los equipos de protección de las vías respiratorias están diseñados de tal manera que sólo se pueden utilizar por espacios de tiempo relativamente cortos. Por regla general, no se debe trabajar con ellos durante más de dos horas seguidas; en el caso de equipos livianos o de realización de trabajos ligeros con interrupciones entre las distintas tareas, el equipo podrá utilizarse durante un periodo más prolongado.

Antes de utilizar un filtro, es necesario comprobar la fecha de caducidad impresa en el mismo y su perfecto estado de conservación, con arreglo a la información del fabricante.

Antes de empezar a utilizar los equipos los trabajadores deben ser instruidos por una persona cualificada y responsable del uso de estos aparatos dentro de la empresa. Dicho entrenamiento comprenderá también las normas de comportamiento en caso de emergencia.

Es importante que la empresa disponga de un sistema de control periódico para verificar que los equipos se encuentran en buen estado y que se ajustan correctamente a los usuarios. Así, se deben controlar especialmente el estado de las válvulas de inhalación y exhalación del adaptador facial, el estado de las botellas de los equipos de respiración autónomos y todos los elementos de estanqueidad y unión entre las distintas partes del aparato.

Es necesario velar porque los aparatos no se almacenen en lugares expuestos a temperaturas elevadas y ambientes húmedos antes de su utilización, de acuerdo con la información del fabricante; las cajas deben apilarse de forma que no se produzcan deterioros.

#### *Guantes de protección*

Deberá establecerse un calendario para la sustitución periódica de los guantes a fin de garantizar que se cambien antes de ser permeados por los productos químicos.

La utilización de guantes contaminados puede ser extremadamente peligrosa, debido a la acumulación del contaminante en el material componente del guante.

Hay que prestar atención a una adecuada higiene de las manos y untarse con crema protectora en caso necesario.

Los guantes deberán limpiarse siempre siguiendo las indicaciones del fabricante.

#### *Ropa de protección*

En los trajes de protección para trabajos con maquinaria, los finales de manga y pernera se deben poder ajustar bien al cuerpo, y los botones y bolsillos deben quedar cubiertos.

Los trajes de protección contra sustancias químicas requieren materiales de protección específicos frente al compuesto del que van a proteger. En todo caso deben seguirse las indicaciones dadas por el fabricante.

Los trajes de protección sometidos a fuertes solicitudes (por ejemplo: fuertes agresiones térmicas por radiación o llama, o trajes de protección contra sustancias químicas) están diseñados de forma que las personas entrenadas puedan utilizarlos durante un máximo de aproximadamente 30 minutos. Los trajes de protección para solicitudes menores se pueden llevar durante toda la jornada de trabajo.

Por lo que respecta al desgaste y a la conservación de la función protectora es necesario asegurarse de que las prendas de protección no sufran ninguna alteración durante todo el tiempo que estén en uso. Por esta razón se debe examinar la ropa de protección a intervalos regulares para comprobar su perfecto estado de conservación, las reparaciones necesarias y su limpieza correcta. Se planificará una adecuada reposición de las prendas.

Para mantener durante el máximo tiempo posible la función protectora de las prendas de protección y evitar riesgos para la salud del usuario es necesario esmerarse en su cuidado adecuado. Sólo la observancia estricta de las instrucciones de lavado y conservación proporcionadas por el fabricante garantizan una protección invariable.

En caso de lavado y limpieza de textiles que no llevan tratamiento permanente contra los efectos nocivos, es necesario que posteriormente se realice este tratamiento protector en un establecimiento especializado.

En la reparación de prendas de protección sólo se deben utilizar materiales que posean las mismas propiedades.

#### *Gafas de protección*

Los protectores oculares de calidad óptica baja sólo deben utilizarse esporádicamente.

Las condiciones ambientales de calor y humedad son favorables del empañamiento de los oculares, pero no son únicas. Un esfuerzo continuado o posturas incómodas durante el trabajo también provocan la sudoración del usuario, y por tanto, el empañamiento de las gafas. Este es un problema de muy difícil solución, aunque puede mitigarse con una adecuada elección de la montura, el material de los oculares y las protecciones adicionales (uso de productos antiempañantes, etc.).

La falta o el deterioro de la visibilidad a través de los oculares es origen de riesgo en la mayoría de los casos. Por este motivo, lograr que esta condición se cumpla es fundamental. Para conseguirlo, estos elementos se deben limpiar a diario procediendo siempre de acuerdo con las instrucciones que den los fabricantes.

Para conseguir una buena conservación, los equipos se guardarán, cuando no estén en uso, limpios y secos en sus correspondientes estuches. Si se quitan por breves momentos, se pondrá cuidado en no dejarlos colocados con los oculares hacia abajo, con el fin de evitar araÑazos.

Con el fin de impedir enfermedades de la piel, los protectores deben desinfectarse periódicamente, siguiendo las indicaciones dadas por el fabricante para que el tratamiento no afecte a las características y prestaciones de los distintos elementos.

## REQUISITOS LEGALES SOBRE FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

El carácter de “última protección” que diferencia a un EPI de otras medidas de protección obliga a las Administraciones de los distintos países a vigilar su calidad y a otorgar certificaciones que, obligando a los fabricantes de los equipos a que los mismos cumplan con unos requisitos esenciales que les son exigidos por las normas técnicas vigentes, a su vez garanticen a los usuarios la eficacia, bondad e idoneidad de los equipos certificados que se comercializan frente a la situación de riesgo que protegen.

A este respecto existe el ya citado Real Decreto 1407/1992 que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los EPI, que da respuesta a la pregunta: ¿Qué condiciones debe cumplir un EPI para poder ser comercializado sin trabas? Todos los EPI, cualquiera que sea la categoría a la que pertenezcan, deben cumplir ciertos requisitos para poder ser comercializados en la UE que se resumen en la figura 18.

REQUISITOS DE CERTIFICACIÓN Y MARCADO
<b>a) Para todas las categorías:</b> Antes de comercializar el EPI, el fabricante debe: a) reunir la documentación técnica que se indica en el Anexo III, b) elaborar declaración de conformidad de la producción según modelo del Anexo VI, c) marcado "CE" y folleto explicativo obligatorios.
<b>b) Para categoría 1:</b> Autocertificación del fabricante.
<b>c) Para categorías 2 y 3:</b> Precisan certificado CE de tipo, expedido por un organismo de control.
<b>d) Para categoría 3:</b> La fabricación del EPI está sometida a la adopción por parte del fabricante de uno de los dos sistemas de garantía de calidad CE que se exponen en el art. 9 del Real Decreto 1407/1992.

Figura 18.

Todos los equipos que cumplen con los anteriores requisitos se identifican por la marca "CE" que, de manera obligatoria, deberá estampar el fabricante en cada EPI y su embalaje de forma visible, legible e indeleble durante el periodo de duración previsible de dicho EPI. Así mismo, todo equipo que se comercializa debe ir acompañado obligatoriamente de un folleto informativo en el que el fabricante informará al usuario de las características del equipo, así como de las instrucciones para su correcto uso y mantenimiento.

Existe asimismo una Resolución de 25/4/1996 de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria y Energía en cuyos anexos se da información sobre la clasificación por categorías de los EPI en función de su procedimiento de certificación, de los organismos notificados para certificación en España y en el resto de los países de la Unión Europea y el listado (actualizado periódicamente) de normas UNE aplicables a los EPI.

# Actuación sanitaria en la prevención del riesgo químico

17

## INTRODUCCIÓN

La Medicina es una ciencia que, partiendo del conocimiento del funcionamiento del cuerpo humano y del medio en que éste desarrolla su actividad, tiene como objetivos la promoción de la salud, la prevención de la pérdida de la salud, la curación de las enfermedades y la rehabilitación. La Medicina del Trabajo, como parte de esta ciencia, actúa sobre el trabajador teniendo en cuenta el medio laboral en el que éste se encuentra.

Las técnicas y herramientas que la Medicina del Trabajo utiliza para el desarrollo de sus fines preventivos se pueden resumir de manera esquemática en las siguientes:

*Investigación epidemiológica*, que permitirá describir una población en función de los riesgos a los que está expuesta, explicar las causas de los daños derivados del trabajo y estudiar la efectividad de las medidas emprendidas.

*Promoción de la salud*, cuyo objetivo es mejorar la salud y el bienestar en el lugar de trabajo a través de la creación de entornos de trabajo que favorezcan la elección de conductas saludables, el fortalecimiento de la acción comunitaria y el desarrollo de habilidades personales.

*Educación para la salud*, por medio de la cual se aborda la transmisión de información y el fomento de la motivación, las habilidades personales y la autoestima necesarias para adoptar medidas destinadas a mejorar la salud.

*Actuación ante emergencias*, por parte del personal sanitario si está presente en el lugar de trabajo, o en su ausencia, mediante la organización de las actuaciones.

EN EL ÁMBITO DE LA HIGIENE INDUSTRIAL,  
ES FUNDAMENTAL LA LABOR DEL MÉDICO  
EN LA PROTECCIÓN DE LOS  
TRABAJADORES ESPECIALMENTE  
SENSIBLES

*Vigilancia de la salud*, que permite: *identificar* los problemas relacionados con unas malas condiciones de trabajo tanto a nivel individual (detección precoz, trabajadores susceptibles, adaptación de la tarea) como colectivo (diagnóstico de situación y detección de nuevos riesgos); *planificar la acción preventiva* estableciendo las prioridades de actuación; *evaluar las medidas preventivas*, controlando las disfunciones o, lo que es lo mismo, sirviendo de alerta ante cualquier eclosión de lesiones pese a la existencia de unas condiciones de trabajo en principio correctas, y evaluando la eficacia del plan de prevención favoreciendo el uso de los métodos de actuación más eficaces. La vigilancia de la salud, aunque es una actividad propia de la Medicina del Trabajo, supone una obligada relación de interacción y complementariedad con el resto de disciplinas integrantes del Servicio de Prevención.

<b>ACTIVIDADES Y FUNCIONES DEL ÁREA SANITARIA DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN SEGÚN LOS ACUERDOS DEL DIÁLOGO SOCIAL 2001</b>	
<b>ÁMBITO</b>	<b>ACTUACIÓN COORDINADA DE LAS DISCIPLINAS</b>
	Diseño preventivo de puestos de trabajo Identificación y evaluación de riesgos Plan de prevención Formación de trabajadores
<b>VIGILANCIA DE LA SALUD</b>	<p>INDIVIDUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Médico-clínica</li> <li>• Amnésica <ul style="list-style-type: none"> <li>– Exámenes de salud</li> <li>– cribaje</li> <li>– Diagnóstico preventivo</li> <li>– Indicadores biológicos</li> <li>– Encuestas de salud</li> </ul> </li> </ul> <p>COLECTIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Epidemiológica <ul style="list-style-type: none"> <li>– Indicadores de salud</li> <li>– Investigación de daños</li> </ul> </li> </ul>
<b>ATENCIÓN DE URGENCIA</b>	Primeros auxilios
<b>PROMOCIÓN DE LA SALUD LABORAL</b>	<p>INDIVIDUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consejo sanitario</li> <li>• Inmunizaciones</li> </ul> <p>COLECTIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas sanitarios</li> <li>• Asesoramiento sanitario</li> </ul>

Figura 1.

En el ámbito del riesgo químico, la Medicina del Trabajo y la Higiene Industrial deben colaborar de forma estrecha y coordinar sus actuaciones con el fin de detectar aquellas situaciones en las que las medidas preventivas y protectoras no han sido las adecuadas o se han revelado insuficientes como, por ejemplo, en el caso de la existencia de trabajadores especialmente sensibles en el lugar de trabajo considerado.

Ello es relevante además si se tiene en cuenta que, entre las obligaciones de los empresarios consignadas en el RD 374/2001 relativo a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos, se considera que se deben tener en cuenta las conclusiones extraídas de los estudios de vigilancia de la salud en la evaluación de riesgos (apartado 1g del art. 3) y en la necesaria actualización de la misma (apartado 7b del art. 3) así como en la revisión de las medidas preventivas para eliminar o reducir los riesgos (apartado 8b del art. 6).

Básicamente, las actividades sanitarias de los servicios de prevención abarcan los ámbitos que se describen en la figura 1, tal y como quedó acordado en el Diálogo Social sobre Vigilancia de la Salud en el año 2001 y según se consigna básicamente en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) y en el RD 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

### PROGRAMAS DE VIGILANCIA DE LA SALUD PARA EL RIESGO QUÍMICO

La principal aportación de la Medicina del Trabajo a la prevención del riesgo químico se establece a partir de la vigilancia de la salud que, basándose en los métodos de cribado y otros datos de salud (encuestas, exploraciones físicas u otras pruebas complementarias), permite conocer el estado de salud del conjunto de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos, así como los cambios que se producen. El tipo de objetivos a conseguir se consignan en la figura 2.

Atendiendo a lo establecido en la normativa aplicable, las características de la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a agentes químicos son las siguientes:

- *Garantizada* por el empresario, restringiendo el alcance de la misma a los riesgos inherentes al trabajo.
- *Específica* en función del o de los riesgos identificados en la evaluación de riesgos teniendo en cuenta también, en los casos en que sea necesario, el tipo de protección individual

<b>ESQUEMA DE LOS OBJETIVOS DE LOS PROGRAMAS DE VIGILANCIA DE LA SALUD</b>	
<b>Objetivos individuales</b>	<p>La detección precoz de los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud del trabajador.</p> <p>La identificación del trabajador especialmente sensible a determinados riesgos u objeto de protección específica según la normativa de PRL.</p> <p>La propuesta de medidas preventivas o de protección especiales para el trabajador.</p>
<b>Objetivos colectivos</b>	<p>La identificación de los riesgos en la población expuesta mediante la valoración del estado de salud del colectivo con relación a los mismos.</p> <p>La detección de nuevos riesgos.</p> <p>La aportación de criterios para el establecimiento de las prioridades de actuación en materia de prevención de riesgos.</p> <p>La revisión o promoción de intervenciones preventivas en función de la aparición de daños en la población trabajadora.</p> <p>La evaluación de la eficacia de las medidas preventivas.</p> <p>La intervención en los planes de educación para la salud, así como en la comunicación del riesgo.</p> <p>La aportación de datos al Sistema de Información en Salud Laboral.</p>

Figura 2.

que se tenga que utilizar durante la realización de tareas concretas.

- *Adecuada*, porque existen evidencia científica de una relación exposición – efecto, métodos de exploración efectivos y posibilidad de producción del daño en las condiciones concretas de exposición.
- *Voluntaria* para el trabajador, salvo que concurra alguna de las siguientes circunstancias:
  - La existencia de una disposición legal con relación a la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.
  - Que los reconocimientos sean indispensables para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores al no poder garantizarse que la exposición del trabajador a dicho agente está suficientemente controlada o que el trabajador, teniendo en cuenta sus características personales, su estado biológico y su posible situación de discapacidad y la naturaleza del agente, pueda presentar o desarrollar una especial sensibilidad frente al mismo.
  - Que el estado de salud del trabajador pueda constituir un peligro para él mismo o para terceros.

- *Confidencial*, dado que el acceso a la información médica derivada de la vigilancia de la salud de cada trabajador se restringirá al propio trabajador, a los servicios médicos responsables de su salud y a la autoridad sanitaria.
- *Prolongada en el tiempo*, cuando sea pertinente, más allá de la finalización de la relación laboral, ocupándose el Sistema Nacional de Salud de los reconocimientos post-ocupacionales.
- *Contenido ajustado* a las características definidas en la normativa aplicable y que incluya la protección de los trabajadores especialmente sensibles. Para los riesgos que no hayan sido objeto de reglamentación específica, la LPRL no especifica ni define las medidas o instrumentos de vigilancia de la salud, pero sí establece una preferencia por aquellas que causen las menores molestias al trabajador, encomendando a la Administración Sanitaria el establecimiento de las pautas y protocolos de actuación en esta materia. Este encargo se concreta en el Reglamento de los Servicios de Prevención que encierra al Ministerio de Sanidad y Consumo y a las Comunidades Autónomas el establecimiento de la periodicidad y contenido de la vigilancia de la salud específica.

El contenido de dichos reconocimientos incluirá como mínimo una historia clínico-laboral, donde además de los datos de anamnesis, exploración física, control biológico y exámenes complementarios, se hará constar una descripción detallada del puesto de trabajo, del tiempo de permanencia en el mismo, de los riesgos detectados y de las medidas de prevención adoptadas.

- *Periódica* en las siguientes ocasiones:
  - Reconocimiento previo a la exposición cuando sea requisito indispensable para trabajar con un agente químico determinado.
  - Reconocimiento inicial, después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud.
  - Reconocimiento periódico específico, por trabajar con determinados productos o en determinadas condiciones reguladas por una legislación específica que así lo exija o según riesgo/s determinado por la evaluación de riesgos. La periodicidad no tiene por qué ajustarse a intervalos regulares; va a depender naturalmente de la historia natural de la enfermedad y de las condiciones de exposición.
  - Reconocimiento después de una ausencia prolongada por motivos de salud.
  - Reconocimiento circunstancial, al grupo de trabajadores

con una situación homogénea de riesgo cuando se detecte en uno de los integrantes un posible daño relacionado con la exposición vigilada.

- *Documentada*, ya que el empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral, y la sanitaria cuando así esté indicado, los resultados de los controles del estado de salud de los trabajadores y las conclusiones obtenidas.
- *Gratuita*, puesto que el coste económico de cualquier medida relativa a la seguridad y salud en el trabajo, y por tanto el derivado de la vigilancia de la salud, no deberá recaer sobre el trabajador (apartado 5 del artículo 14 de la LPRL).

Todo programa de vigilancia de la salud viene condicionado por las características de la exposición y de las alteraciones derivadas de la misma, por los objetivos de la intervención, por las características de la población afectada y, naturalmente, por los medios humanos, técnicos y económicos disponibles. Los instrumentos con los que se cuenta para realizarla son, básicamente: los cuestionarios, indispensables para recoger la información sobre los distintos aspectos que se quieren controlar y evaluar; la exploración física, que permite detectar los signos de la enfermedad/alteración en el trabajador a través de la intervención del médico; y las pruebas complementarias, entre las que hay que destacar el control biológico en el sentido amplio de la palabra.

EL EMPRESARIO DEBE GARANTIZAR A LOS TRABAJADORES LA VIGILANCIA PERIÓDICA DE SU ESTADO DE SALUD EN FUNCIÓN DE LOS RIESGOS DEL TRABAJO

En el artículo 10 de la LPRL se establece que corresponde a las administraciones públicas el establecimiento de medios adecuados para la evaluación y control de las actuaciones de carácter sanitario que se realicen en las empresas por los servicios de prevención actuantes, para lo cual establecerán las pautas y protocolos de actuación, oídas las sociedades científicas, a los que deberán someterse los citados servicios.

Inicialmente, han sido informados favorablemente por el Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, diecinueve protocolos de vigilancia médica elaborados por el grupo de trabajo de salud laboral de la Comisión de Salud Pública del citado Consejo, de los cuales nueve pueden aplicarse a la exposición a agentes químicos: cinco son agente - específicos (plomo, amianto, plaguicidas, óxido de etileno, anestésicos, cloruro de vinilo y citostáticos) y cuatro efecto - específicos (silicosis, asma, alveolitis alérgica extrínseca, neuropatías y dermatosis laborales). Esta información, así como el estado de otros protocolos, puede actualizarse consultando la página web del Ministerio de Sanidad y Consumo:

[www.msc.es/Diseno/medioAmbient/ambiente\\_salud\\_laboral.htm](http://www.msc.es/Diseno/medioAmbient/ambiente_salud_laboral.htm)

En el caso de no existir protocolo de vigilancia médica aprobado por el Ministerio de Sanidad y Consumo, y en aplicación del artículo 5 apartado 3 y el artículo 37 apartado 3c del Reglamento de los Servicios de Prevención, se debería recurrir por orden de preferencia a Guías de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas, de entidades de reconocido prestigio en la materia, o a la elaboración del protocolo por el servicio responsable de la vigilancia de la salud, en función de la evaluación de riesgos y de los efectos del agente químico en cuestión. En este último caso, deberán describirse documentalmente los métodos y criterios utilizados.

También corresponde a las administraciones públicas la implantación de sistemas de información adecuados que permitan la elaboración, junto con las autoridades laborales competentes, de mapas de riesgos laborales, así como la realización de estudios epidemiológicos para la identificación y prevención de las patologías que puedan afectar a la salud de los trabajadores, así como hacer posible un rápido intercambio de información.

Esta técnica consiste en medir los tóxicos o sus metabolitos en fluidos, tejidos, secreciones o aire espirado. Es una técnica que permite evaluar el riesgo, de la mano del control ambiental, contribuyendo su utilización a la *prevención primaria*. Todo protocolo de control biológico deberá contemplar la interpretación de los resultados, los diferentes niveles y las actuaciones derivadas de los mismos.

Los principales inconvenientes de esta técnica son: solamente se dispone de métodos para un escaso número de contaminantes químicos, es muy poco útil en el estudio del cáncer o de las alergias y presenta limitaciones en evaluaciones individuales. Los límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España pueden encontrarse en la página de internet del INSHT (<http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>) y son actualizados anualmente.

En la figura 3, con carácter general, se resumen los principales fines o aplicaciones del control biológico, situaciones en las que es adecuada y en las que no es adecuada su implementación.

Son métodos de *prevención secundaria*, en tanto que están midiendo ya alteraciones (aunque subclínicas) producidas por el agente o los agentes químicos presentes en las condiciones de trabajo. Son ejemplos de control biológico de efecto la medición de la actividad de la colinesterasa eritrocitaria en los expuestos a organofosforados, mientras que los estudios de velocidad de

---

#### **Control biológico de exposición**

---

#### **Control biológico de efecto y pruebas de detección precoz**

<b>SITUACIONES EN LAS QUE ES ADECUADA Y EN LAS QUE NO ES ADECUADA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO</b>	
<b>ES ADECUADO PARA</b>	<b>NO ES ADECUADO PARA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La confirmación de los resultados de una evaluación ambiental.</li> <li>• La mejora y mayor facilidad en la evaluación de situaciones de riesgo potencial cuando las concentraciones ambientales son muy variables.</li> <li>• La detección de la posible absorción por vías distintas a la respiratoria, pudiendo cambiar la evaluación inicial del riesgo, basada exclusivamente en los datos ambientales.</li> <li>• La comprobación de la eficacia de uso de los equipos de protección individual.</li> <li>• La detección de exposiciones no laborales (que tienen su origen en la exposición de fondo o en otras actividades).</li> <li>• La detección de individuos con posible sobrecarga física de trabajo en un grupo de trabajadores operando teóricamente en las mismas condiciones.</li> <li>• La detección de exposiciones que, sin llegar a constituir riesgo, podrán reducirse mejorando los hábitos de trabajo e higiénicos personales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar exposiciones a agentes químicos para los que no se dispone de indicadores fiables.</li> <li>• Sustituir el control ambiental en exposiciones a contaminantes químicos de exclusiva penetración por vía inhalatoria.</li> <li>• Realizar una distinción tajante entre las situaciones de riesgo y las que no lo son.</li> <li>• Evaluar el estado de salud del trabajador aunque puede tener una clara relación con él.</li> <li>• Hacer el diagnóstico clínico de enfermedad.</li> <li>• Evaluar los riesgos o los efectos por exposiciones agudas.</li> <li>• Determinar la procedencia laboral del contaminante analizado.</li> </ul>

Figura 3.

conducción nerviosa en los trabajadores expuestos a n-hexano lo serían de método de detección precoz. Otros ejemplos de pruebas de detección precoz se citan en la figura 4.

Se debe insistir en el hecho de que la prevención de los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos, al igual que al resto de agentes, merece la confección de un programa de prevención específico que conjugue los intereses individuales con los colectivos. En dicho programa no debe faltar el correspondiente a la vigilancia de la salud cuyos objetivos, actividades y necesidades derivarán de la evaluación de riesgos y de las prioridades establecidas a partir de dicha evaluación.

### **La protección de los trabajadores especialmente sensibles**

El empresario ha de garantizar la protección de los “trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean especialmente sensibles a los riesgos derivados del trabajo”.

Dependiendo del o de los factores de riesgo presentes en el lugar de trabajo pueden ser especialmente sensibles tanto los

hombres como las mujeres en edad fértil, los menores, las mujeres embarazadas, las que han dado a luz recientemente o las que están en periodo de lactancia, los trabajadores con ciertas patologías y un largo etcétera que deberá determinarse en función de la evaluación de riesgos.

Dentro de este apartado es de vital importancia la actuación de la Medicina del Trabajo en aquellas situaciones en las que existe riesgo de exposición a productos químicos con efectos específicos sobre la salud (cancerígenos, mutágenos, tóxicos para la reproducción, teratógenos y que se pueden transmitir a través de la leche materna; ver el capítulo dedicado a la información y comunicación del riesgo químico) y a sustancias alérgenas.

En el caso de respuestas alérgicas, el establecimiento de una asociación entre exposición y efecto se hace muy difícil, ya que: afecta a uno solo o muy pocos trabajadores del conjunto de expuestos, puede que éste lleve tiempo trabajando con el producto sin haberse detectado ninguna sintomatología anterior a la detección de los síntomas externos y, finalmente, aun sometido a exposiciones muy pequeñas puede continuar presentando respuesta alérgica. La detección y confirmación de la existencia de trabajadores alérgicos en un colectivo expuesto a productos químicos es una tarea fundamental para el médico del trabajo que desarrolla su actividad en este campo.

A tenor de los artículos 16, 25.2 y 26 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el artículo 4 del Reglamento de los Servicios de Prevención, el empresario debe evaluar los riesgos para la reproducción y la maternidad que no se puedan evitar. La evaluación inicial de riesgos se ha de realizar con carácter general teniendo en cuenta los riesgos que afecten a la función de procreación y a la maternidad; y, finalmente, conocida la situación de embarazo, parto reciente o lactancia, el empresario debe realizar una evaluación adicional para determinar la naturaleza, grado y duración de la exposición de la trabajadora a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en su salud o la del feto o la del hijo lactante.

#### **La protección de la maternidad**

<b>EJEMPLOS DE PRUEBAS DE DETECCIÓN PRECOZ EN SALUD LABORAL POR APARATOS</b>	
<b>APARATO O SISTEMA</b>	<b>PRUEBAS</b>
Sistema renal	Enzimas urinarias
Hígado	Enzimas en sangre
Sistema nervioso	Sensibilidad vibratoria Visión cromática Electroneurografía Potenciales Evocados Tests Neurocomportamentales
Aparato respiratorio	Pruebas Broncodilatación Pruebas Hiperreactividad Difusión
Oído	Audiometría tonal liminar Audiometría de altas frecuencias Otoemisiones acústicas
Sistema cardiovascular	Electrocardiografía ECG-Holter Frecuenciómetría

Figura 4.

Cuando el resultado de la evaluación revelase riesgo para la seguridad y la salud o repercusión sobre el embarazo o la lactancia de las trabajadoras, el empresario ha de adoptar las medidas necesarias para evitar los daños de exposición a dicho riesgo, con prioridades ordenadas (arts. 15.1.g, 16.2, 25.2 y 26 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales; y arts. 8 y 9 del Reglamento de los Servicios de Prevención):

- 1º *Mantenimiento del puesto de trabajo* con eliminación del riesgo por adopción de medidas preventivas: adaptación de las condiciones de trabajo o del tiempo de trabajo.
- 2º *Cambio de puesto o de función* a otro puesto de trabajo compatible con su estado, dentro de su grupo profesional o categoría equivalente; o, de no ser posible, otro fuera de su grupo profesional o categoría equivalente según reglas y criterios aplicables a los supuestos de movilidad funcional. Para ello se deberá aportar una **certificación médica** de incidencia negativa por riesgos en el puesto de trabajo habitual, realizado por los Servicios Médicos del Instituto Nacional de la Seguridad Social o de las Mutuas, con el informe del médico del Servicio Nacional de la Salud que asista facultativamente a la trabajadora.
- 3º *Suspensión de contrato* por riesgo durante el embarazo (artículo 45.1 d) del Estatuto de los Trabajadores) durante el tiempo necesario para la protección de su seguridad o de su salud y mientras persista la imposibilidad de reincorporarse a su puesto anterior o a otro puesto compatible con su estado, cuando el cambio de puesto no resultara técnica u objetivamente posible, o no pueda razonablemente exigirse por motivos justificados. La suspensión del contrato por riesgo no se aplica en este caso al periodo de lactancia.

La actuación de los servicios de prevención se desarrollaría según la figura 5 y conforme a los siguientes puntos:

- Identificación de los puestos de trabajo con riesgo para la reproducción
- Evaluación de los riesgos (inicial y periódicas)
- Identificación de las mujeres en periodo de embarazo, parto reciente y lactancia
- Evaluación adicional después de la comunicación de la trabajadora
- Información y formación
- Medidas preventivas y de apoyo
- Consejo individual (higiene, nutrición)

Los principales agentes químicos a tener en cuenta en la evaluación de riesgos son los citados en los Anexos I y II de la Di-



rectiva 92/85/CEE. Teniendo en cuenta las actualizaciones posteriores en la clasificación de las sustancias peligrosas y las transposiciones de otras Directivas como la 90/394/CEE, los principales agentes a considerar serían:

- Sustancias etiquetadas y preparados etiquetados como riesgos cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción; es decir, etiquetados con las frases:

**R40** Posibles efectos cancerígenos.

**R45** Puede causar cáncer.

**R46** Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.

**R49** Puede causar cáncer por inhalación.

**R60** Puede perjudicar la fertilidad.

**R61** Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

**R62** Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

**R63** Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

**R64** Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.

- Sustancias, preparados y procedimientos que figuran en el Anexo I del RD 665/1997:

Fabricación de auramina.

Trabajos que supongan exposición a los hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en el hollín, el alquitrán o la brea de hulla.

Trabajos que supongan exposición al polvo, al humo o a las nieblas producidas durante la calcinación y el afinado eléctrico de las matas de níquel.

Procedimiento con ácido fuerte en la fabricación de alcohol isopropílico.

Trabajos que supongan exposición a polvo de maderas duras.

- Mercurio y derivados.
- Medicamentos antimicóticos.
- Monóxido de Carbono.
- Agentes peligrosos de penetración cutánea formal.
- Plomo y sus derivados.

## ACTUACIÓN ANTE UNA EMERGENCIA

El estado y la evolución de las lesiones derivadas de un accidente dependen en gran parte de la rapidez y de la calidad de los primeros auxilios recibidos. La LPRL, en el artículo 20, dedicado a las medidas de emergencia, marca como obligación del empresario el análisis de las posibles situaciones de emergencia y la adopción de las medidas necesarias, entre otras, en materia de primeros auxilios. Deberá llevar a cabo la designación del personal encargado de poner en práctica dichas medidas, que, en función de los riesgos existentes, deberá tener formación adecuada, ser suficiente en número y disponer del material adecuado, y organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos para garantizar la rapidez y eficacia de las actuaciones. Aspecto fundamental también es disponer de la correspondiente ficha de seguridad del producto en la que deberán constar las instrucciones para casos de emergencias y primeros auxilios.

El primer aspecto a comentar al plantear una situación de emergencia química (y de cualquier otro tipo) es lo que en primeros auxilios se conoce como PAS, iniciales de *proteger, avisar y socorrer*, las actuaciones secuenciales para empezar a atender al accidentado:

### *Proteger*

Antes de actuar, debe tenerse la certeza de que ha sido eliminada la posibilidad de que persista cualquier condición peligrosa (en relación con la que ha originado el accidente o cualquier otra) tanto para el accidentado como para el que va a actuar.

Ante un ambiente tóxico, por ejemplo, no se atenderá al intoxicado sin antes protegerse las vías respiratorias mediante el uso de máscaras adecuadas o equipos de autosalvamento.

### Avisar

Siempre que sea posible, se dará aviso a los servicios sanitarios y de emergencias de la existencia del accidente, solicitando ayuda en función de sus características y, así, activar el Sistema de Emergencia, para inmediatamente empezar a socorrer en espera de ayuda. Son ejemplos de teléfonos útiles para este cometido: los de los servicios de ambulancias, bomberos, policía, hospital más próximo, mutua de accidentes y servicio de información toxicológica.

### Socorrer

Una vez se ha protegido y avisado, se procederá a actuar sobre el accidentado, realizando la Evaluación Primaria o, lo que es lo mismo, reconociendo sus signos vitales: conciencia, respiración y pulso, siempre por este orden.

Una vez se comprueba la presencia de conciencia o respiración, se iniciará Evaluación Secundaria, o lo que es lo mismo: el reconocimiento de signos no vitales (figura 6).

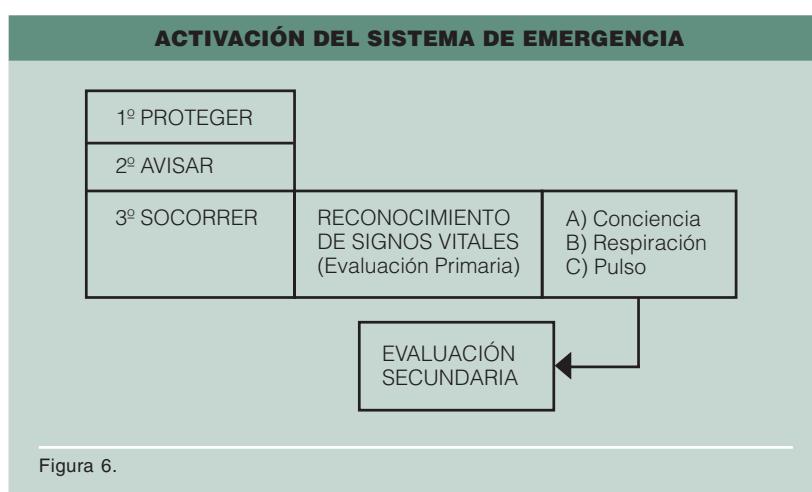


Figura 6.

Entre la víctima y la atención médica especializada existen una serie de eslabones que deben ser informados, formados y entrenados para asegurar la rapidez y eficacia de la actuación frente a emergencias.

### Eslabones de la cadena de socorro

#### Testigo del accidente

El primer eslabón de la cadena de socorro es el *testigo* (o *testigos*), que puede ser ordinario (sin preparación ni formación; influenciable por la emoción y el pánico; y que probablemente

no sepa qué mensaje ha de transmitir y puede olvidar incluso señalar el lugar del accidente), privilegiado (con formación adecuada; es capaz de hacer una valoración global de la situación, sabe avisar de forma eficaz y se mantiene tranquilo) y profesional (ha sido formado y entrenado específicamente para vigilar, detectar y alertar, como es el caso de los guardias, personal de seguridad y encargados/vigilantes de proceso). Para evitar que todos los posibles testigos de un accidente actúen como testigos ordinarios, es conveniente que todos y cada uno de los trabajadores estén informados del PAS.

#### *Socorrista*

No es posible concretar cuántos socorristas se requieren en una empresa con riesgo químico. Su cuantificación, expresada como “número suficiente”, dependerá de muchos factores. A modo de guía, a la hora de decidir a cuántos socorristas formar, debe tenerse en cuenta: el número de trabajadores y su distribución, la estructura de la empresa (superficie, naves, plantas, unidades productivas), el tipo de trabajo, los riesgos existentes, las situaciones de aislamiento, los trabajos fuera de la empresa y fuera del horario habitual, los turnos de trabajo, la distancia (en tiempo real) de los servicios médicos externos y las posibles ausencias. En todo caso, se debería disponer, en cualquier momento, en la empresa de una persona encargada de la actuación en situaciones de emergencia.

Una cifra orientativa para situaciones de riesgo bajo, por ejemplo una oficina, sería de un socorrista por cada 50 trabajadores por turno. Este número debería considerarse como mínimo en el resto de situaciones. En otros casos, será conveniente disponer de dos socorristas por grupo de trabajo, si se trabaja, por ejemplo, con sustancias químicas muy peligrosas.

El socorrista, que deberá ejercer esta actividad siempre de manera voluntaria, debe recibir formación general en socorrismo laboral y específica en relación con los riesgos existentes en la empresa, contemplándose evidentemente la actualización continuada de esta formación, especialmente en lo que se refiere a nuevos productos y nuevas actividades en la empresa.

#### *Los otros eslabones*

De manera general se recomienda que los mandos intermedios, así como las personas que trabajan en zonas de riesgo químico elevado, reciban una formación más específica. En algunas empresas, un paso obligado tanto en la coordinación de los servicios internos, como para contactar con los servicios externos, son el servicio de teléfonos, la conserjería, el recepcionista o el servicio de seguridad patrimonial, que de esta ma-

nera, y según la organización específica establecida, se convierten en los eslabones internos. Siempre que formen parte del eslabón se les deberá incluir en el grupo a formar, ya que de ellos depende la transmisión rápida, correcta y eficaz de la solicitud de ayuda.

En las emergencias químicas importantes o cuando el accidentado o accidentados requieran cuidados urgentes externos a las instalaciones de la empresa, el personal de la ambulancia, el equipo médico de urgencias, el personal del hospital, etc., son eslabones exteriores, junto con los otros actuantes en el plan de emergencia exterior, en su caso.

La diferencia de ubicación interior/exterior a la empresa no ha de suponer una traba para una actuación eficaz. Cada uno de ellos ha de saber quién va después y quién le precede, procurando que la información se transmita de forma clara y concisa, facilitando así las actuaciones posteriores. La integración de las labores de primeros auxilios en las emergencias químicas debe estar contemplada y planificada en los planes de emergencia interior y exterior de la empresa.

LOS ESLABONES DE LA CADENA DE SOCORRO SON EL TESTIGO, EL SOCORRISTA Y EL RESTO DE ACTUANTES PARA LOGRAR LA ADECUADA ATENCIÓN DEL ACCIDENTADO Y EL CONTROL DE LA EMERGENCIA

#### *Definición y clasificaciones*

Se define la quemadura como la herida o destrucción del tejido producida por diferentes causas entre las que se encuentran los productos químicos corrosivos. Las quemaduras se clasifican según la profundidad del tejido lesionado y según la extensión del cuerpo quemada. Según la profundidad pueden ser de primer grado (grosor parcial afectando la capa superficial de la piel, también llamada "eritema"), segundo grado (grosor parcial afectando la segunda capa de la piel, dolorosa y con aparición de ampollas) y tercer grado (grosor total, afectando todas las capas de la piel, sin dolor, también llamada "escara"). Según la extensión, se da en porcentajes previamente establecidos por la denominada «Regla de los 9» de Wallace (figura 7). Para ello se divide la superficie corporal del adulto en 11 áreas, siendo cada parte el 9% o un múltiplo de 9. De forma que:

- Cabeza y cuello son un 9%.

#### **Actuación ante quemaduras**

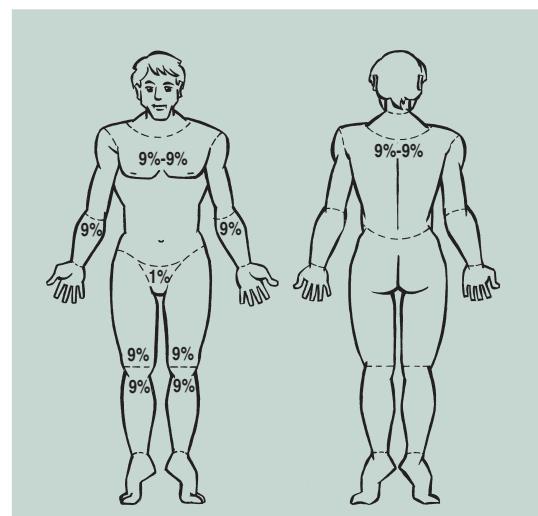


Figura 7. Regla de los 9.

- Cada extremidad superior: 9% (7% el brazo y 2% la mano).
- Cada extremidad inferior: 18% (9% el muslo, 7% la pantorrilla y 2% el pie).
- Cara anterior del tórax y abdomen: 18%.
- Espalda y nalgas: 18%.
- Genitales: 1%.

y se clasifica como leve (<10%), grave (10%-30%) o muy grave (>30%), aunque debe tenerse en cuenta también la profundidad y la zona quemada.

#### *Norma general de actuación*

Se puede agrupar en lo que es recomendable y lo que no es recomendable. *Es recomendable:* eliminar la causa (apagar las llamas o diluir con agua las sustancias corrosivas); mantener los signos vitales; examinar el cuerpo del accidentado; refrescar la zona quemada, eliminando lo que mantenga calor; cubrir la lesión con un vendaje no compresivo; y evacuar en posición lateral. *No es recomendable:* aplicar tratamiento con medicamentos específicos sin consultar a un médico; enfriar demasiado al accidentado; administrar algo por vía oral; romper las ampollas formadas; despegar adhesiones a la piel; dejar solo al accidentado; y demorar el transporte a un centro de asistencia.

Si se trata de una quemadura por fuego, previamente deberán apagarse las llamas empleando preferiblemente una manta ignífuga o revolcándose por el suelo. Cuando se trate de una quemadura por productos químicos corrosivos, previamente deberá actuarse aplicando agua con abundancia mediante ducha de seguridad o lavaojos durante un tiempo de 20 minutos y quitar la ropa y los zapatos impregnados (figura 8). En el caso de salpicadura en los ojos, y después del lavado con el lavaojos, es recomendable continuar el lavado durante la evacuación con una pera o rociador de agua.

Debe consultarse previamente la posible incompatibilidad del producto corrosivo con el agua; en caso afirmativo, deberá emplearse el neutralizador adecuado. En todos los casos, como ya se ha comentado, debe consultarse la correspondiente ficha de seguridad del producto.



La secuencia de actuación ante una intoxicación aguda sigue siendo el PAS. Ahora bien, hay una fase previa ineludible y de vital importancia para el tratamiento de las lesiones derivadas de la acción de los agentes químicos: el conocimiento previo de las sustancias que puedan ser causa de la situación de emergencia. Para ello, una vez más, debe insistirse en la necesidad de que los socorristas dispongan de la ficha de datos de seguridad de los productos utilizados en la empresa y de todo aquel material indispensable para una intervención rápida y eficaz. En la mayoría de actuaciones, el destino final del accidentado (por leves que aparentemente parezcan las lesiones) es siempre un servicio médico, al que se debe llegar con la máxima información posible.

La finalidad de la actuación de los socorristas laborales ante una intoxicación aguda irá encaminada a eliminar el tóxico actuando sobre la vía de entrada para disminuir la absorción del agente.

Los procedimientos a seguir, dependiendo siempre del nivel de conocimiento del actuante, serían:

- Medidas de soporte cuyo objetivo es el mantenimiento de las funciones vitales y la prevención de posibles complicaciones.
- Medidas que impidan o retrasen la absorción del tóxico y que dependerán de la vía de entrada/contacto, del material disponible y de la cualificación del que realiza la asistencia.
- La administración de antagonistas y antídotos específicos.

#### *Vía de entrada respiratoria*

La actuación en caso de intoxicación aguda por gases, vapores o aerosoles tóxicos, irritantes, corrosivos o asfixiantes es la siguiente: separar al accidentado de la fuente de emisión, empleando el adecuado procedimiento de autoprotección, o, si es posible, cortar la generación del contaminante y colocarlo en un lugar seguro y bien aireado; comprobar los signos vitales, actuando en consecuencia; recabar información del origen del problema (puede tratarse de falta de oxígeno por emisión de un gas inerte) y activar el sistema de emergencia.

#### *Vía de entrada cutánea*

En este caso, la llegada del tóxico a la sangre no suele ser tan rápida; sin embargo nunca debe subestimarse la posible toxicidad sistémica generada por un contacto dérmico, ni considerar meramente el efecto local, que debe tratarse como se ha indicado antes al hablar de las salpicaduras. También hay que tener

#### **Actuación ante intoxicaciones agudas**

PARA UNA ADECUADA ACTUACIÓN EN UNA INTOXICACIÓN AGUDA ES IMPRESCINDIBLE DISPONER DE LA MÁXIMA INFORMACIÓN POSIBLE SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DEL PRODUCTO CAUSANTE

en cuenta que la entrada puede estar favorecida por el estado de la piel (heridas, deshidratación) o por el lugar y la forma de contacto (herida o punción). Una norma general a aplicar en este caso sería: lavado con abundante agua, retirada de las ropas contaminadas, observación del estado del accidentado y evacuación.

#### *Vía de entrada digestiva*

El origen de esta intoxicación solamente puede ser de tipo voluntario o bien debido a malos hábitos higiénicos como comer, fumar y, sobretodo, beber en el puesto de trabajo, lo que sumado a unas malas prácticas de trabajo (etiquetado inexistente o equívoco o utilización de recipientes que induzcan a confusión) puede generar la ingestión de un producto químico.

En este tipo de intoxicación es donde el socorrista puede actuar con más eficacia, ya que la absorción es más lenta que en la respiratoria.

Es muy importante identificar el tóxico, para ello se debe realizar una valoración del entorno del accidentado y efectuar 5 preguntas, que son las siguientes:

1. ¿Qué ha tomado?
2. ¿Qué cantidad ha tomado?
3. ¿Cuánto tiempo hace que lo ha tomado?
4. ¿Ha tomado algo más?
5. ¿Ha vomitado?

El tóxico una vez introducido en el organismo pasa por tres fases:

*1<sup>a</sup> Fase:* el tóxico está en el estómago y el accidentado presenta síntomas típicos gastrointestinales:

- Dolor abdominal
- Náuseas o vómitos
- Diarreas

*2<sup>a</sup> Fase:* el tóxico ha sido absorbido (ha pasado a la sangre, en este caso los síntomas son más generalizados):

- Fiebre
- Erupciones cutáneas
- Malestar general
- Sudoración

*3<sup>a</sup> Fase:* el tóxico ya ha sido distribuido por todo el organismo y pueden aparecer síntomas de tipo neurológico:

- Alteraciones de conciencia
- Pérdida de conocimiento
- Estado convulsivo

La actuación debe ser rápida y a ser posible en la 1<sup>a</sup> fase. El objetivo es eliminar el tóxico o retardar su absorción, para ello existen tres métodos:

1. *Provocar el vómito.* Aunque este método se está abandonando en el ámbito sanitario, sigue siendo uno de los métodos a utilizar en el ámbito extrahospitalario, siempre en las circunstancias apropiadas y con los medios adecuados, para eliminar el tóxico. Está contraindicado en los siguientes casos:

- Intoxicación por cáusticos (ácidos o bases)
- Personas con alteración de conciencia
- Intoxicaciones por derivados del petróleo
- Personas que presenten convulsiones

NO INDUCIR NUNCA EL VÓMITO MEDIANTE  
ESTÍMULO MECÁNICO DE LA FARINGE NI  
USAR LA SAL COMO EMÉTICO

Como emetizante se utiliza el jarabe de ipecacuana. Su uso se hará, cuando sea indicado, dentro de la primera hora tras la ingesta.

2. *Carbón activado.* Es el método más eficaz para reducir la absorción de muchos tóxicos cuando es administrado de forma precoz (dentro de los 60 minutos postingesta). La dosis inicial es de 1 gramo de carbón activado por cada kilogramo de peso del individuo, disuelto en unos 300 ml de agua. El carbón activado está contraindicado o es ineficaz en la intoxicación por cáusticos, ácido bórico, carbonatos, cianuro, hierro, litio, malation, etanol, metanol, etilenglicol, n-metil-carbamato, derivados del petróleo e insecticidas organoclorados.

3. *Disolución del tóxico.* Este método se utiliza sobre todo en las intoxicaciones por cáusticos en las que no se puede provocar el vómito ni administrar carbón activado. Se utilizará siempre y cuando la persona pueda tragar y no tenga náuseas, ni esté inconsciente, ni presente convulsiones.

Existen sobres de albúmina desecada aunque también se puede preparar mezclando de 6 a 8 claras de huevo por 1 litro de agua (agua albuminosa). Se deben dar unos 100 ml/h por vía oral y a pequeños sorbos.

#### *Neutralización del tóxico*

Para la neutralización efectiva del tóxico, se recurre a antídotos específicos que el personal médico especializado conoce. En el ámbito de la UE existe una resolución en la que se recomienda una amplia lista de antídotos específicos: Resolución del Consejo y de los representantes de los gobiernos de los Estados miembros reunidos en el seno del Consejo, de 3 de diciembre de 1990, relativa a la mejora de la prevención del tratamiento

ANTÍDOTOS Y TÓXICOS	
ANTÍDOTO	TÓXICO
Ácido ascórbico	Cromo
Agua albuminosa	Ingesta de cáusticos
Azul de Prusia	Talio
Etanol	Metanol, etilenglicol
Carbonato cálcico	Ácido oxálico, Fluoruros y ácido fluorhídrico
N-acetilcisteína	Paracetamol, tetracloruro de Carbono
Penicilamina	Cobre, Oro, Mercurio, Zinc, Plomo
Sulfato magnésico	Sales solubles de Bario
Tierra de Fuller	Paraquat, diquat

Figura 9.

de las intoxicaciones agudas en el ser humano (Diario Oficial n° C 329 de 31/12/1990).

En la figura 9 aparece un listado de aquellos antídotos que pueden utilizarse por vía tópica u oral y el tóxico o tóxicos que antagonizan o neutralizan.

Lo más importante ante un intoxicado es:

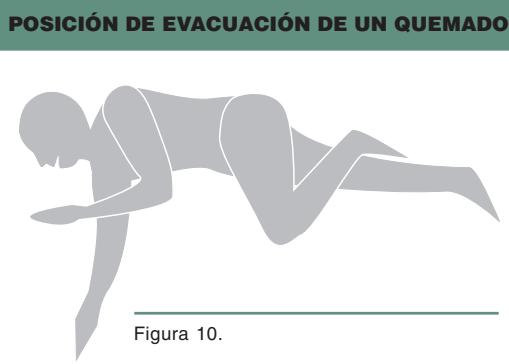
- Eliminar el contacto con el tóxico
- Evitar o disminuir su absorción
- Controlar los síntomas
- Preparar la evacuación al hospital con las evidencias o información que identifiquen al tóxico (etiqueta, envase, fichas de seguridad química...)
- Ante la duda, utilizar el teléfono del Centro Nacional de Información Toxicológica (91.562.04.20) que funciona las 24 horas del día, los 365 días del año.

- Jamás neutralizar una intoxicación cáustica

#### Traslado al hospital

El traslado al hospital o centro sanitario, en los casos en los que el accidentado no puede valerse por sí mismo, está condicionado por el tipo de accidente y su estado general (tipo de heridas, conciencia, necesidad de reanimación, tratamiento a aplicar). De manera general es recomendable emplear una ambulancia. Si no se dispone de ésta y es previsible la aplicación de masajes cardíacos, debe recurrirse a medios de transporte que permitan colocar al accidentado sobre una superficie dura, por lo que normalmente un automóvil no suele ser un medio adecuado. En cuanto a la posición del accidentado dependerá del tipo de herida, posibilidad de movimiento y grado de conciencia, especialmente en relación con la posibilidad de atragantamiento. En la figura 10 se representa la postura adecuada para el traslado de un accidentado por quemaduras.

TODO INTOXICADO HA DE SER TRASLADO AL HOSPITAL CON LA MÁXIMA INFORMACIÓN POSIBLE ACERCA DEL AGENTE RESPONSABLE (ETIQUETA, FICHA DE SEGURIDAD QUÍMICA...)



**MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS**

Dependiendo del riesgo existente en la empresa se deberá procurar tener desde un botiquín hasta una sala especial equipada para la realización de los primeros auxilios. No se deberían olvidar tampoco los “botiquines de viaje” en el caso de trabajadores cuya tarea se desarrolle fuera de la empresa.

En el Anexo VI del RD 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, se indican las características que deben reunir el material y los locales de primeros auxilios que se modifiquen o instalen con posterioridad a la fecha de entrada en vigor del decreto, y que se resumen a continuación:

1. Los lugares de trabajo dispondrán de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores, a los riesgos a que estén expuestos y a las facilidades de acceso al centro de asistencia médica más próximo. El material de primeros auxilios deberá adaptarse a las atribuciones profesionales del personal habilitado para su prestación.
2. La situación o distribución del material en el lugar de trabajo y las facilidades para acceder al mismo y para, en su caso, desplazarlo al lugar del accidente, deberán garantizar que la prestación de los primeros auxilios pueda realizarse con la rapidez que requiera el tipo de daño previsible.
3. Sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados anteriores, todo lugar de trabajo deberá disponer, como mínimo, de un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.
4. El material de primeros auxilios se revisará periódicamente y se irá reponiendo tan pronto como caduque o sea utilizado.
5. Los lugares de trabajo de más de 50 trabajadores deberán disponer de un local destinado a los primeros auxilios y otras posibles atenciones sanitarias. También deberán disponer del mismo los lugares de trabajo de más de 25 trabajadores para los que así lo determine la autoridad laboral, teniendo en cuenta la peligrosidad de la actividad desarrollada y las posibles dificultades de acceso al centro de asistencia médica más próximo.
6. Los locales de primeros auxilios dispondrán, como mínimo, de un botiquín, una camilla y una fuente de agua potable.

ble. Estarán próximos a los puestos de trabajo y serán de fácil acceso para las camillas.

7. El material y locales de primeros auxilios deberán estar claramente señalizados.

Son recomendaciones complementarias: que los botiquines contengan solamente material de primeros auxilios adecuadamente ordenado; que éste se reponga en función de su uso y fecha de caducidad; y que esté en consonancia con el nivel de formación del socorrista o usuario.

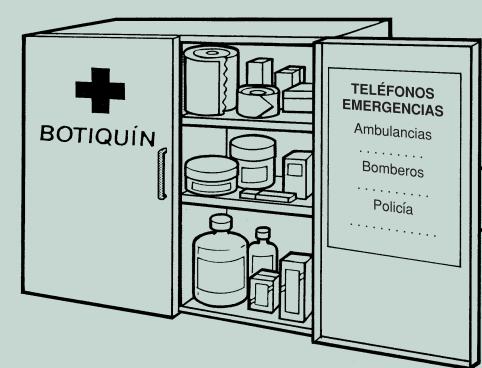


Figura 11. Botiquín.

Es recomendable que la información para emergencias se encuentre en el mismo botiquín, especialmente la lista de teléfonos en la que deben figurar aquellos números de teléfono necesarios para poder activar los sistemas de emergencia ante cualquier accidente, una copia de las fichas de seguridad química de los productos presentes en la empresa y, si la evaluación de riesgos lo justifica, equipos de rescate como máscaras de protección respiratoria, equipos autónomos, maleta de oxigenoterapia y una manta ignífuga (figura 11).

## OTRAS RECOMENDACIONES

La organización de los primeros auxilios no es más que una forma de prepararse para actuar ante situaciones excepcionales. Esto requiere un estudio a fondo tanto de la siniestralidad (accidentes e incidentes) como de los posibles riesgos o situaciones de riesgo existentes en la empresa. Sin embargo, también es necesaria la sensibilización de todos los estamentos presentes en el entorno laboral. Para ello deberá tenerse en cuenta que: todo trabajador nuevo ha de ser instruido en relación con la organización de los primeros auxilios y con la actuación que de él se espera si es testigo de un accidente; debe verificarse de forma periódica la cadena de socorro condicionando actuaciones reflejas inmediatas; debe comentarse y evaluar actuaciones reales y no dudar en cambiar aquello que no acaba de funcionar correctamente.

# Bibliografía

## REFERENCIAS

### AENOR

Métodos de ensayo para evaluar los riesgos producidos por sustancias peligrosas en el lugar de trabajo. Madrid. AENOR. 1999

### AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH)

TLVs: Valores límite para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo y BEIs-Índices biológicos de exposición: 2004. Valencia. Generalitat Valenciana. 2005

### COMISIÓN EUROPEA

Guía práctica Directiva sobre agentes químicos 98/24/CE: Directrices prácticas de carácter no obligatorio sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos en el trabajo. Luxemburgo. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 2006

### DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (DFG)

List of MAK and BAT Values 2006. Weinheim. Wiley-VCH. 2006

### BECK, U.

Retorno a la teoría de la “sociedad del riesgo”. Boletín de la A.G.E. nº. 30 – 2000, pp 9-20 <http://www.ieg.csic.es/age/boletin/30/01.pdf>

### GLOBAL REPORTING INITIATIVE

Sustainability Reporting Guidelines. Boston. GRI. 2002 ([www.globalreporting.org](http://www.globalreporting.org))

GÓMEZ-CANO, M. y otros  
Evaluación riesgos laborales.  
Madrid. INSHT. 1998

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE)  
EH40/2005 Workplace exposure limits (WEL)  
<http://www.hse.gov.uk/coshh/index.htm>

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE  
Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS).  
<http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/index.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)  
Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2006.  
Madrid. INSHT. 2007  
<http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con Agentes Químicos.  
Madrid. INSHT. 2003

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
Métodos de toma de muestras y análisis.  
<http://www.mtas.es/insht/mta/mta.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
Notas técnicas de prevención.  
Barcelona. CNCT

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH)  
Manual of Analytical Methods (NMAM®).  
<http://www.cdc.gov/niosh/nmam/>

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION (OSHA)

Air contaminants – Permissible Exposure Limits (PEL)  
 Title 29 Code of Federal Regulations Part 1910.1000  
 Federal Register, 58:35338-35351, 30 de junio de 1993  
 y correcciones posteriores

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION  
 Sampling and Analytical Methods.  
<http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/>

PORTILLO, J.  
 Ropa de protección. Serie Guias orientativas para la elección y utilización EPI.  
 Madrid. INSHT. 1999

SLOVIC, P., WEBER, E.U.  
 Perception of Risk Posed by Extreme Events.  
 Paper prepared for discussion at the conference "Risk Management strategies in an Uncertain World", Palisades, New York, April 12-13, 2002

## LEGISLACIÓN

### España

LEY 38/1972 de 22.12. (Jef. Est., BOE 26.12.1972).  
 Ley de protección del ambiente atmosférico,  
 completada por:

- *Decreto 795/1975 de 20.3. (M. Hac., BOE 18.4.1975).*

DECRETO 833/1975 de 6.2. (M. Plan. y Desar., BBOOE 22.4, rect. 9.6.1975). Desarrollo de la Ley 38/1972 de 22.12.1972, de protección del ambiente atmosférico,  
 modificado por varias disposiciones

derogado parcialmente así como alguna de sus modificaciones, que lo estarán el 1.1.2010 por:

- *Real Decreto 1073/2002 de 18.10 (M. Presid., BOE 30.10.2002).*

REAL DECRETO 1244/1979 de 4.4. (M. Ind. y E., BBOOE 29.5, rect. 28.6.1979). Reglamento de aparatos a presión,  
 desarrollado por:

- *Real Decreto 473/1988 de 30.3. (M. Ind. y E., BOE 20.5.1988)*
- *Resolución de 16.6.1998 (Dir. Gral. Tec. y Seg. Ind., BOE 18.6.1998)*

modificado por varias disposiciones  
 completado por:

- *Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-AP. Hasta el momento han aparecido 18.*

derogado parcialmente por:

- *Real Decreto 769/1999 de 7.5. (M. Ind. y E., BOE 31.5.1999)*

completado por:

- *Resolución de 11.5.2005 (Dir. Gral. Des. Ind., BOE 2.6.2005).*

LEY 2/1985 de 21.1. (Jef. Est., BOE 25.1.1985). Ley de Protección Civil.

REAL DECRETO legislativo 1302/1986 de 28.6. (M. Obr. Púb., BOE 30.6.1986). Evaluación del impacto ambiental,

completado por:

- *Real Decreto 1131/1988 de 30.9. (M. Obr. Púb., BOE 5.10.1988). Ejecución del Real Decreto legislativo 1302/1986*

modificado por varias disposiciones

ampliado por:

- *Ley 54/1997 de 27.11. (Jef. Est., BOE 28.11.1997). Regulación del sector eléctrico.*

REGLAMENTO relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (M. As. Ext., BBOOE de 20-26.8.1986). RID, anexo al Convenio relativo a los Transportes por Internacionales por Ferrocarril (COTIF) hecho en Berna el 9.5.1980, ratificado por Instrumento de 16.12.1981 (Jef. Est., BOE 18.1.1986),  
 modificado por varias disposiciones.

ORDEN de 12.11.1987 (M. Obr. Púb., BBOOE 23.11.1987, rect. 18.4.1988). Normas sobre emisión, objetivos de calidad y métodos de medición de referencia, relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales,  
 completada por varias disposiciones.

REAL DECRETO 833/1988 de 20.7. (M. Obr. Púb. y Urb., BOE 30.7.1988). Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 de residuos tóxicos y peligrosos,  
 modificado por:

- *Real Decreto 1771/1994 de 5.8. (M. Obr. Púb. y Urb., BOE 19.8.1994). Art. 12.3. modificado por Anexo III*
- *Real Decreto 952/1997 de 20.6. (M. M. Amb., BOE 5.7.1997)*

derogado parcialmente por:

- *Ley 10/1998 de 21.4. (Jef. Est., BOE 22.4.1998).*

REAL DECRETO 258/1989 de 10.3. (M. Obr. Púb y Urb., BOE 16.3.1989). Normativa general sobre el vertido de sustancias peligrosas desde tierra al mar,  
 modificado por:

- *Ley 16/2002 de 1.7. (Jef. Est., BOE 2.7.2002). Deroga art. 4*

completado por varias disposiciones.

ORDEN de 13.10.1989 (M. Obr. Púb. y Urb., BOE 10.11.1989). Determina los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos.

REAL DECRETO 1406/1989 de 10.11. (M. Relac. Cortes, BBOOE 20.11., rect. 12.12.1989). Limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos, modificado por:

- *Real Decreto 1114/2006 de 29.9. (M. Presid., BOE 30.9.2006)*

actualizado por:

- *Orden de 11.12.1990 (M. Relac. Cortes, BOE 14.12.1990)*
- *Orden de 31.8.1992 (M. Relac. Cortes, BBOOE 10.9., rect. 30.9.1992)*
- *Orden de 30.12.1993 (M. Presid., BOE 5.1.1994), modificado por Orden de 25.10.2000*
- *Orden de 14.5.1998 (M. Presid., BOE 21.5.1998)*
- *Orden de 15.7.1998 (M. Presid. BOE 21.7.1998)*
- *Orden de 15.12.1998 (M. Presid., BOE 22.12.1998)*
- *Orden de 11.2.2000 (M. Presid., BOE 16.2.2000), modificado por Orden PRE/1933/2005*
- *Orden de 24.3.2000 (M. Presid., BOE 30.3.2000). De-rogado.*
- *Orden de 6.7.2000 (M. Presid., BOE 11.7.2000)*
- *Orden de 25.10.2000 (M. Presid., BOE 27.10.2000)*
- *Orden de 7.12.2001 (M. Presid., BOE 14.12.2001)*
- *Orden PRE/1624/2002 de 5.6. (BOE 29.6.2002)*
- *Orden PRE/2666/2002 de 25.10. (BOE 31.10.2002)*
- *Orden PRE/375/2003 de 24.2. (BOE 25.2.2003)*
- *Orden PRE/730/2003 de 25.3. (BOE 2.4.2003)*
- *Orden PRE/2277/2003 de 4.8. (BBOOE 9.8., rect. 2.10.2003)*
- *Orden PRE/473/2004 de 25.2. (BOE 27.2.2004)*
- *Orden/PRE/1895/2004 de 17.6. (BBOOE 19.6.2004, rect. 31.7.2004)*
- *Orden PRE/1954/2004 de 22.6. (BOE 24.6.2004)*
- *Orden PRE/3159/2004 de 28.9. (BOE 5.10.2004)*
- *Orden PRE/556/2005 de 10.3. (BOE 11.3.2005)*
- *Orden PRE/1933/2005 de 17.6. (BOE 23.6.2005)*
- *Orden PRE/2743/2006 de 5.9. (BOE 7.9.2006)*
- *Orden PRE/2744/2006 de 5.9. (BOE 7.9.2006).*

REAL DECRETO 108/1991 de 1.2. (M. Relac. Cortes, BBOOE 6.2., rect. 19.2.1991). Prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto, parcialmente superado por:

- *Real Decreto 396/2006 de 31.1.2006 (M. Presid., BOE 11.4.2006). Valores límite y método de recuento.*

REAL DECRETO 646/1991 de 22.4. (M. Relac. Cortes, BOE 25.4.1991). Establece nuevas normas sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de

grandes instalaciones de combustión, modificado por:

- *Real Decreto 1800/1995 de 3.11. (M. Presid., BOE 8.12.1995)*

completado por:

- *Orden de 26.12.1995 (M. Ind. y E., BOE 30.12.1995).*

REAL DECRETO 1407/1992 de 20.11. (M. Relac. Cortes, BBOOE 28.12.1992, rect. 24.2.1993). Regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual,

modificado por varias disposiciones

completado por:

- *Resolución de 25.4.1996 (Dir. Gral. Cal. y Seg. Ind., BOE 28.5.1996)*

modificada por:

- *Resolución de 27.5.2002 (Dir. Gral. Pol. Ter., BOE 4.7.2002).*

REAL DECRETO 1435/1992 de 27.11. (M. Relac. Cortes, BOE 11.12.1992). Dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, modificado por:

- *Real Decreto 56/1995 de 20.1. (M. Presid. BOE 8.2.1995)*

completado por:

- *Resolución de 5.3.1996 (Dir. Gral. Cal. y Seg. Ind., BOE 22.3.1996)*

- *Resolución de 5.7.1999 (Dir. Gral. Ind. y Tecn., BOE 18.8.1999).*

REAL DECRETO 1942/1993 de 5.11. (M. Ind. y E., BBOOE, 14.12.1993, rect. 7.5.1994). Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, modificado por:

- *Orden de 16.4.1998 (M. Ind., BOE 28.4.1998)*

completado por:

- *Resolución de 10.4.2003 (M. Dir. Gral. Pol. Tec., BOE 7.5.2003).*

REAL DECRETO 2085/1994 de 20.10. (M. Ind. y E., BBOOE 27.1., rect. 20.4.1995). Reglamento de instalaciones petrolíferas, desarrollado por varias disposiciones modificado por:

- *Real Decreto 1562/1998 de 17.7. (M. Ind. y E., BBOOE 8.8., rect. 20.11.1998)*

- *Real Decreto 1523/1999 de 1.10. (M. Ind. y E. BBOOE 22.10.1999, rect. 3.3.2000)*

completado por:

- *Disposiciones que incluyen las Instrucciones Técnicas Complementarias MI IP.*

REAL DECRETO 363/1995 de 10.3. (M. Presid., BOE 5.6.1995). Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, modificado por:

- Orden de 13.9.1995 (M. Presid., BOE 19.9.1995). Modifica el anexo I
  - Orden de 21.2.1997 (M. Presid., BOE 10.3.1997). Modifica el anexo I
  - Real Decreto 700/1998 de 24.4. (M. Presid., BOE 8.5.1998). Modifica el art. 19
  - Orden de 30.6.1998 (M. Presid., BOE 6.7.1998). Modifica los anexos I, III, V y VI
  - Orden de 11.9.1998 (M. Presid., BOE 17.9.1998). Modifica los anexos I y VI
  - Orden de 8.1.1999 (M. Presid., BOE 14.1.1999). Modifica la clasificación del hexaclorosilicato de magnesio
  - Orden de 16.7.1999 (M. Presid., BOE 27.7.1999). Modifica los anexos I y V
  - Orden de 5.10.2000 (M. Presid., BOE 10.10.2000). Modifica el prólogo y los anexos I, III, IV y VI. (el art. 4, por el que se modifica el anexo VI, derogado por Orden de 5.4.2001)
  - Orden de 5.4.2001 (M. Presid., BOE 19.4.2001). Modifica los anexos I, IV, V, VI y IX
  - Real Decreto 507/2001 de 11.5. (M. Presid., BOE 12.5.2001). Modifica el art. 13
  - Orden PRE/2317/2002 de 16.9. (BOE 24.9.2002). Modifica los anexos I-VIII
  - Real Decreto 99/2003 de 24.1. (M. Presid., BBOOE 4.2. rect. 28.3.2003). Modifica el art. 23 y el anexo XI
  - Real Decreto 255/2003 de 28.2. (M. Presid., BOE 4.3.2003). Deroga la disp. adic. 1<sup>a</sup>
- Orden PRE/1244/2006 de 20.4. (BOE 29.4.2006). Modifica los anexos I y V.

RESOLUCIÓN de 28.4.1995 (M. Obr. Púb., Transp. y M. Amb., BOE 13.5.1995). Acuerdo del Consejo de Ministros de 17.2.1995 por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos Peligrosos.

LEY 31/1995 de 8.11. (Jef. Est., BOE 10.11.1995). Ley de prevención de riesgos laborales, modificada por varias disposiciones derogada parcialmente por :

- Real Decreto legislativo 5/2000 de 4.8. (M. Trab. y Asun. Soc., BOE 8.8.2000). Deroga los apartados 2, 4 y 5 del art.. 42 y los arts. 45-52 a partir del 1.1.2001 cumplimentada por:

- Real Decreto 39/1997 de 17.1. (M. Trab. y As. Soc., BOE 31.1.1997)

desarrollada por varias disposiciones aplicada por varias disposiciones.

REAL DECRETO 400/1996 de 1.3. (M. Ind. y E., BOE

8.4.1996). Dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/ CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

REAL DECRETO 2177/1996 de 4.10. (M. Fom., BBOOE 29.10., rect. 13.11.1996). Norma básica de la edificación NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios de los edificios, aplicado por:

- Ley 38/1999 de 5.11. (Jef. Est., BOE 6.11.1999). En disposición final 2<sup>a</sup>

desarrollado por:

- Resolución de 11.6.1997 (Dir. Gral. Viv. y Urb., BOE 19.7.1997)

derogado, pero podía seguir aplicándose hasta el 29.9.2006, por:

- Real Decreto 314/2006 de 17.3. (M. Viv., BOE 28.3.2006).

REAL DECRETO 39/1997 de 17.1. (M. Trab. y As. Soc., BOE 31.1.1997). Reglamento de los servicios de prevención, modificado por varias disposiciones desarrollado por:

- Orden de 27.6.1997 (M. Trab. y As. Soc., BOE 4.7.1997).

REAL DECRETO 485/1997 de 14.4. (M. Trab. y As. Soc., BOE 23.4.1997). Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

REAL DECRETO 486/1997 de 14.4. (M. Trab. y As. Soc., BOE 23.4.1997). Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, modificado por:

- Real Decreto 2177/2004 de 12.11. (M. Presid., BOE 13.11.2004). Anexo I, A.9.

Ley 11/1997 de 24.4. (Jef. Est., BOE 25.4.1997). Ley de envases y residuos de envases, modificada por varias disposiciones desarrollada por:

- Orden de 27.4.1998 (M. M. Amb., BBOOE 1.5., rect., 20.5.1998)
- Orden de 21.10.1999 (M. M. Amb., BOE 5.11.1999).

REAL DECRETO 665/1997 de 12.5. (M. Presid., BOE 24.5.1997). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, modificado por:

- Real Decreto 1124/2000 de 16.6. (M. Presid., BOE 17.6.2000)

- *Real Decreto 349/2003 de 21.3. (M. Presid., BOE 5.4.2003).*

**REAL DECRETO 773/1997** de 30.5. (M. Presid., BBOOE 12.6., rect. 18.7.1997). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

**LEY 10/1998** de 21.4. (Jef. Est., BOE 22.4.1998). Ley de residuos, desarrollada por:

- *Real Decreto 1378/1999, de 27.8. (M. Presid., BOE 28.8.1999)*

modificada por:

- *Real Decreto-ley 4/2001, de 16.1. (Jef. Est., BOE 17.2.2001)*
- *Ley 62/2003 de 30.12 (Jef. Est., BBOOE 31.12.2003, rect. 3.1.2004)*

aplicada por:

- *Orden MAM/304/2002 de 8.2. (BOE 19.2.2002).*

**REAL DECRETO 1751/1998** de 31.7. (M. Presid., BBOOE 5.8., rect. 29.10.1998). Aprueba el reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios,

modificado por:

- *Real Decreto 1218/2002 de 22.11. (M. Presid., BOE 3.12.2002).*

**REAL DECRETO 769/1999** de 7.5. (M. Ind. y E., BOE 31.5.1999). Dicta disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/79 de 4.4., que aprobó el reglamento de aparatos a presión, completado por:

- *Resolución de 23.5.2003 (Dir. Gral. Pol. Tec., BOE 12.6.2003)*
- *Resolución de 13.6.2006 (Dir. Gral. Des. Ind., BOE 28.9.2006).*

**REAL DECRETO 1254/1999** de 16.7. (M. Presid., BBOOE 20.7 rect. 4.11.1999). Se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, completado por:

- *Real Decreto 1196/2003 de 19.9. (M. Int., BOE 9.10.2003)*

modificado por :

- *Real Decreto 119/2005 de 4.2. (M. Presid., BOE 11.2.2005)*
- *Real Decreto 948/2005 de 29.7. (M. Presid., BOE 30.7.2005).*

**REAL DECRETO** legislativo 5/2000 de 4.8. (M. Trab. y As. Soc., BBOOE 8.8., rect. 22.9.2000). Aprueba el texto refundido de la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social, modificado por varias disposiciones aplicado por:

- *Real Decreto 604/2006 de 19.5. (M. Trab., y As. Soc., BOE 29.5.2006). Art. 1.20.*

**REAL DECRETO 374/2001** de 6.4. (M. Presid., BBOOE 1.5, rect. 30.5. y 22.6.2001). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Remite, en ausencia de valores límite ambientales de los establecidos en el anexo I, a los valores límite ambientales, publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, como valores de referencia para la evaluación y el control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores a dichos agente, en el documento "Límites de exposición profesional para agentes químicos en España", cuya aplicación es recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo., cuya última edición es para el año 2006.

**REAL DECRETO 379/2001** de 6.4. (M. Cien. y Tec., BBOOE 10.5., rect. 19.10.2001). 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,

completado por:

- *Real Decreto 2016/2004 de 11.10 (M. Ind., Tur. y Com., BOE 23.10.2004). MIE-APQ-08.*

**REAL DECRETO** legislativo 1/2001 de 20.7. (M. M. Amb., BBOOE 24.7., rect. 30.11.2001). Aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas,

modificado por varias disposiciones.

**REAL DECRETO 1251/2001** de 16.11. (M. Trab. y As. Soc., BOE 17.11.2001). Regula las prestaciones económicas del sistema de la Seguridad Social por maternidad y riesgo durante el embarazo.

**ORDEN MAM/304/2002** de 8.2. (BBOOE 19.2., rect. 12.3.2002). Publica las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

**LEY 16/2002**, de 1.7. (Jef. Est., BOE 2.7.2002). Prevención y control integrados de la contaminación, modificada por:

- *Ley 1/2005 de 9.3. (Jef. Est., BOE 10.3.2005). Gases efecto invernadero*

aplicada por:

- *Real Decreto 1315/2005 de 4.11. (M. Presid., BOE 9.11.2005).*

REAL DECRETO 842/2002 de 2.8. (M. Ciencia y Tec., BOE 18.9.2002). Reglamento electrotécnico para baja tensión, derogado parcialmente por:

- *Sentencia de 17.2.2004 del Tribunal Supremo (BOE 5.4.2004).*

Anula el inciso 4.2.c.2 de la ITC-BT-03.

REAL DECRETO 1073/2002 de 18.10. (M. Presid., BOE 30.10.2002). Evaluación y gestión en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.

ACUERDO EUROPEO sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR) hecho en Ginebra el 30.9.1957. Texto refundido en vigor el 1.1.2003 (M. As. Ext., BOE 7.2.2003).

REAL DECRETO 117/2003 de 31.1. (M. Presid., BBOOE 7.2., rect. 2.4.2003). Limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades, completado por:

- *Real Decreto 227/2006 de 24.2. (M. Presid., BOE 25.2.2006).*

REAL DECRETO 255/2003 de 28.2. (M. Presid., BBOOE 4.3.2003, rect. 5.3.2004). Aprueba el reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, modificado por:

- *Orden PRE/3/2006 de 12.1. (BOE 13.1.2006)*
- *Orden PRE/164/2007 de 29.1. (BOE 2.2.2007).*

REAL DECRETO 653/2003 de 30.5. (M. M. Amb., BBOOE 14.6., rect. 18.9.2003). Incineración de residuos.

REAL DECRETO 681/2003 de 12.6. (M. Presid., BOE 18.6.2003). Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

RESOLUCIÓN de 11.9.2003 (Secr. Gral. M. Amb., BOE 23.9.2003). Dispone la publicación del Acuerdo de 25.7.2003, del Consejo de Ministros, por el que se aprueba el Programa nacional de reducción progresiva de emisiones nacionales de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

REAL DECRETO 2267/2004 de 3.12. (M. Ind., Tur. y

Com., BBOOE 17.12.2004, rect. 5.3.2005). Aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

REAL DECRETO 9/2005 de 14.1. (M. Presid., BOE 18.1.2005). Establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

**CÓDIGO MARÍTIMO INTERNACIONAL DE MERCANCÍAS PELIGROSAS** (Código IMDG) conforme al capítulo VII del Convenio SOLAS. Hecho en Londres el 1.11.1974 (BBOOE 16-18.6.1980). Enmienda 32-04 aplicable a partir del 1.1.2005, adoptada en Londres el 20.5.2004 (M. As. Ext. y Coop., BOE 21.12.2005).

REAL DECRETO 314/2006 de 17.3. (M. Viv., BOE 28.3.2006). Aprueba el Código Técnico de la Edificación.

REAL DECRETO 396/2006 de 31.3.2006 (M. Presid., BOE 11.4.2006). Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

REAL DECRETO 551/2006 de 5.5. (M. Presid., BOE 12.5.2006). Se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.

REAL DECRETO 679/2006 de 2.6. (M. M. Amb., BOE 3.6.2006). Regula la gestión de aceites industriales usados.

REAL DECRETO 1299/2006 de 10.11. (M. Trab. y As. Soc., BOE 19.12.2006). Aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, desarrollado por:

- *Orden TAS/1/2007 de 2.1. (M. Trab. y As. Soc., BOE 4.1.2007). Establece el modelo de parte de enfermedad profesional, se dictan normas para su elaboración y transmisión y se crea el correspondiente fichero de datos personales.*

### Comunidad Europea

DIRECTIVA 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio de 2000, por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacio-

nados con los agentes químicos durante el trabajo  
(Texto pertinente a efectos del EEE)  
DO L 142 de 16.6.2000

DIRECTIVA 2006/15/CE de la Comisión, de 7 de febrero de 2006, por la que se establece una segunda lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo y por la que se modifican las Directivas 91/322/CEE y 2000/39/CE  
DO L 38 de 9.2.2006

DIRECTIVA 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas  
DO L 23 de 28.1.2000

DIRECTIVA 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas  
DO L 100 de 19.4.1994

DIRECTIVA 98/24/CE del Consejo de 7 de abril de 1998 relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo  
DO L 131 de 5.5.1998

DIRECTIVA 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas  
DO 196 de 16.8.1967

DIRECTIVA 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 1999, sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos  
DO L 200 de 30.7.1999

DIRECTIVA 89/686/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1989, sobre aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas a los equipos de protección individual  
DO L 399 de 30.12.1989

DIRECTIVA 92/85/CEE del Consejo, de 19 de octubre de 1992, relativa a la aplicación de medidas para

promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia  
DO L 348 de 28.11.1992

DIRECTIVA 90/394/CEE del Consejo, de 28 de junio de 1990, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo  
DO L 196 de 26.7.1990

REGLAMENTO (CEE) nº 1836/93 del Consejo, de 29 de junio de 1993, por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales  
DO L 168 de 10.7.1993

REGLAMENTO (CE) nº 761/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de marzo de 2001, por el que se permite que las organizaciones se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS)  
DO L 114 de 24.4.2001

REGLAMENTO (CE) nº 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de junio de 2000, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono  
DO L 244 de 29.9.2000

REGLAMENTO (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión  
DO L 396 de 30.12.2006

RESOLUCIÓN (90/C329/03) del Consejo y de los representantes de los gobiernos de los Estados miembros reunidos en el seno del Consejo, de 3 de diciembre de 1990, relativa a la mejora de la prevención del tratamiento de las intoxicaciones agudas en el ser humano  
DO C 329 de 31.12.1990

2000/367/CE: Decisión de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, por la que se aplica la Directiva 89/106/CEE del Consejo en lo que respecta a la clasificación de las propiedades de resistencia al fuego de los productos de construcción, las obras de construcción y los elementos de los mismos [notificada con el número C (2000) 1001] (Texto pertinente a efectos del EEE)  
DO L 133 de 6.6.2000

2003/629/CE: Decisión de la Comisión, de 27 de agosto de 2003, que modifica la Decisión 2000/367/CE que establece un sistema de clasificación de las propiedades de resistencia al fuego de los productos de construcción, en lo que respecta la inclusión de productos para el control de calor y humo (Texto pertinente a efectos del EEE) [notificada con el número C (2003) 2851]  
DO L 218 de 30.8.2003

## NORMAS

### UNE

UNE-EN 2:1994. Clases de fuego.

UNE-EN 481:1995. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.

UNE-EN 482:1995. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.

UNE-EN 590:2004. Combustibles para automoción. Diesel. Requisitos y métodos de ensayo.

UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.

UNE 1063:2000. Caracterización de tuberías según la materia de paso.

UNE-EN 1127-1:1998. Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.

UNE-EN 1363:2000. Ensayos de resistencia al fuego.

UNE-EN 1839: 2004. Determinación de los límites de explosividad de gases y vapores.

UNE-EN ISO 9000:2005. Sistemas de gestión de la calidad.

UNE-EN 13501-1:2002. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

UNE-EN 13779:2005. Ventilación en edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.

UNE-EN ISO 14001:2004. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.

UNE 20324/1M:2000. Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

UNE 23007. Sistemas de detección y de alarma de incendios. Tiene varias partes.

UNE 23034:1988. Seguridad contra incendios. Señalización de seguridad. Vías de evacuación.

UNE 23093:1998. Comportamiento de elementos constructivos. Anulada por UNE-EN 1363:2000.

UNE 23500:1990. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

UNE 23603:1983. Seguridad contra incendios. Espuma física extintora. Generalidades.

UNE 23727:1990. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

UNE-EN 50102/A1:1999. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

UNE-EN 50281-3:2004. Aparatos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles. Parte 3: Clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles.

UNE-EN 60079-10:2004. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10: Clasificación de emplazamientos peligrosos.

UNE-EN 100011:1991. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales. Anulada y sustituida por UNE-EN 13779:2005.

UNE 100100:2000. Climatización. Código de colores.

UNE 202004-3:2003. Material eléctrico para uso en presencia de polvo combustible. Parte 3: Clasificación de los lugares donde hay o puede haber polvos combustibles.

### Otras normas

OHSAS 18001:1999. Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

ASTM E681-04 Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases).

CEN CR 1752:1998. Ventilation for buildings. Design criteria for the indoor environment.

DIN 2403:1984. Identification of pipelines according to the fluid conveyed.