

# Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad

## Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la Buena Práctica Internacional para la Industria (GIIP)<sup>1</sup>. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican conforme a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad deben usarse junto con las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector de la industria correspondiente, que ofrecen orientación a los usuarios sobre cuestiones relativas a cada sector industrial específico. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web: [1](#)

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden alcanzarse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas. La aplicación de las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los

<sup>1</sup> Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

resultados de evaluaciones ambientales<sup>2</sup> en las que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia. En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que la selección del nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad están divididas en las siguientes secciones:

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Medio ambiente</b>  | <b>3</b>  |
| 1.1 Emisiones al aire y calidad del aire ambiente                 | 3         |
| 1.2 Conservación de la energía                                    | 17        |
| 1.3 Aguas residuales y calidad del agua ambiente                  | 24        |
| 1.4 Conservación del agua   | 32        |
| 1.5 Manejo de materiales peligrosos                               | 35        |
| 1.6 Manejo de residuos  | 45        |
| 1.7 Ruido   | 51        |
| 1.8 Suelos contaminados   | 53        |
| <b>2. Salud y seguridad ocupacional</b>                           | <b>59</b> |
| 2.1 Aspectos generales del diseño y funcionamiento de las plantas | 60        |
| 2.2 Comunicación y formación                                      | 62        |
| 2.3 Riesgos físicos   | 64        |
| 2.4 Riesgos químicos  | 68        |
| 2.5 Riesgos biológicos  | 70        |
| 2.6 Riesgos radiológicos  | 72        |
| 2.7 Equipos de protección personal (EPP)                          | 72        |
| 2.8 Entornos de riesgo especiales                                 | 73        |
| 2.9 Seguimiento   | 74        |

<sup>2</sup> La IFC lleva a cabo dicha evaluación de forma acorde con la Norma de Desempeño 1, y el Banco Mundial, de acuerdo con su Política Operacional 4.01.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. Salud y seguridad de la comunidad</b>                  | <b>77</b> |
| 3.1 Calidad y disponibilidad del agua                        | 77        |
| 3.2 Seguridad estructural de la infraestructura del proyecto | 78        |
| 3.3 Seguridad humana y prevención de incendios               | 79        |
| 3.4 Seguridad en el tráfico                                  | 82        |
| 3.5 Transporte de materiales peligrosos                      | 82        |
| 3.6 Prevención de enfermedades                               | 85        |
| 3.7 Plan de prevención y respuesta para emergencias          | 86        |
| <b>4. Construcción y desmantelamiento</b>                    | <b>89</b> |
| 4.1 Medio ambiente   | 89        |
| 4.2 Salud y seguridad ocupacional                            | 92        |
| 4.3 Salud y seguridad de la comunidad                        | 94        |
| <b>Referencias y fuentes adicionales*</b>                    | <b>96</b> |

## Enfoque general del manejo de cuestiones sobre medio ambiente, salud y seguridad en instalaciones o proyectos

El manejo eficaz de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad implica tener en cuenta estos aspectos en los procesos empresariales, tanto a nivel corporativo como en el ámbito de las instalaciones, como parte de un enfoque organizado jerárquicamente que comprende los siguientes pasos:

- Identificar, tan pronto como sea posible, los peligros que un proyecto conlleva para el medio ambiente, la salud y la seguridad<sup>3</sup>, así como otros riesgos asociados al mismo<sup>4</sup>, en el funcionamiento de la instalación o en el ciclo del producto, lo cual incluye la incorporación de consideraciones sobre medio ambiente, salud y seguridad en el proceso de selección de cada emplazamiento, el proceso de diseño del producto, el proceso de planificación de ingeniería para las solicitudes de capital, las órdenes de trabajos de ingeniería, las autorizaciones de modificación de instalaciones o los planes de diseño y cambio de procesos.

<sup>3</sup> Definidos como “amenazas a seres humanos y a sus bienes” (Kates y otros, 1985).

- Incorporar profesionales de medio ambiente, salud y seguridad que dispongan de la experiencia, la competencia y la formación necesarias para evaluar y gestionar los impactos y riesgos en estos ámbitos, así como para desempeñar funciones especializadas de manejo medioambiental, entre ellas la elaboración de planes y procedimientos específicos para proyectos y actividades que incorporen aquellas recomendaciones técnicas incluidas en el presente documento que sean pertinentes a cada proyecto.
- Comprender la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de los riesgos de medio ambiente, salud y seguridad, tomando como base:
  - La naturaleza de las actividades que conforman el proyecto, si las mismas van a generar cantidades significativas de emisiones o efluentes o si éstas implican el uso de materiales o procesos peligrosos;
  - Las posibles consecuencias que se derivarían de un manejo inapropiado de los riesgos para los trabajadores, las comunidades o el medio ambiente, según la proximidad de las actividades del proyecto a personas o a los recursos medioambientales de los cuales dependan dichas actividades.
- Dar prioridad a estrategias de manejo de riesgos, con el objetivo de lograr una reducción generalizada de riesgos para la salud de las personas y para el medio ambiente y dando prioridad a la prevención de efectos irreversibles y/o impactos significativos.
- Apoyar estrategias dirigidas a eliminar las causas de los riesgos desde su origen; optando, por ejemplo, por el empleo de materiales o procesos menos perjudiciales para el medio ambiente, la salud o la seguridad, que hagan innecesaria la

<sup>4</sup> Definidos como “mediciones cuantitativas de las posibles consecuencias de un riesgo, expresadas generalmente como probabilidades de ocurrencia de un daño”

aplicación de controles del medio ambiente, salud y seguridad.

- En los casos en que no sea factible evitar efectos negativos, incorporar controles técnicos y de manejo que eliminen o reduzcan al mínimo la posibilidad de ocurrencia y el alcance de consecuencias indeseables; poniendo en práctica, por ejemplo, controles sobre contaminación dirigidos a limitar emisiones de contaminantes que afecten a empleados o al medio ambiente.
- Preparar a los empleados y a las comunidades vecinas para reaccionar en caso de accidentes, proporcionándoles recursos técnicos y financieros para controlar de manera segura y eficaz estos eventos, y restablecer las condiciones de salud y seguridad en el entorno tanto de la comunidad como del lugar de trabajo.
- Mejorar el desempeño en materia de medio ambiente, salud y seguridad, combinando un seguimiento continuado con un sistema eficaz de responsabilidad.

---

(Kates y otros., 1985)

## 1.0 Medio ambiente

### 1.1 Emisiones al aire y calidad del aire ambiente

|   |    |
|---|----|
| Aplicabilidad y enfoque.....  | 4  |
| Calidad del aire ambiente .....   | 5  |
| Enfoque general.....  | 5  |
| Proyectos ubicados en atmósferas degradadas o en zonas ecológicamente sensibles ..... | 6  |
| Fuentes fijas .....   | 6  |
| Altura de las chimeneas de emisión .....  | 7  |
| Guías sobre emisiones en pequeñas instalaciones de combustión.....                    | 7  |
| Fuentes fugitivas.....  | 9  |
| Compuestos orgánicos volátiles (COV).....   | 9  |
| Partículas sólidas (PM).....  | 10 |
| Sustancias que agotan la capa de ozono (SAO).....                                     | 10 |
| Fuentes móviles – vehículos a motor terrestres .....                                  | 10 |
| Gases de efecto invernadero (GEI) .....   | 11 |
| Seguimiento.....  | 11 |
| Seguimiento de emisiones de pequeñas instalaciones de combustión.....                 | 13 |

#### Aplicabilidad y enfoque

La presente guía es de aplicación a instalaciones o proyectos que generan emisiones al aire en cualquiera de las fases del ciclo de vida del proyecto. Complementa los principios generales sobre emisiones específicas de la industria contenidos en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad del sector de la industria, ofreciendo información acerca de las técnicas comunes de manejo de emisiones aplicables a una serie de sectores de la industrial. Ofrece, asimismo, una perspectiva general del manejo de las principales fuentes de emisiones, que incluye orientación específica para la evaluación y el seguimiento de impactos, así como información adicional acerca de distintos enfoques del manejo de emisiones en proyectos ubicados en áreas en las que, debido a la mala calidad del aire, pueda ser necesario establecer normas sobre emisiones para cada proyecto específico.

Las emisiones de contaminantes del aire pueden provenir de una amplia variedad de actividades durante las fases de construcción, funcionamiento y desmantelamiento de un proyecto. Dichas actividades pueden clasificarse según las características espaciales de la fuente de emisión, incluyendo fuentes fijas, fugitivas y móviles, y también según la clase de proceso, tal como combustión, almacenamiento de materiales u otros procesos específicos de cada sector de la industria).

Las instalaciones y procesos deberán evitar, reducir al mínimo y controlar, siempre que sea posible, los efectos adversos de las emisiones al aire sobre la salud de las personas, la seguridad y el medio ambiente. En los casos en que ello no sea posible, la generación y liberación de emisiones de cualquier clase habrá de manejarse combinando una serie de factores:

- Eficiencia en el uso de la energía
- Modificación de procesos industriales
- Selección de combustibles u otros materiales cuyo tratamiento genere un menor volumen de emisiones contaminantes
- Aplicación de técnicas de control de emisiones

Las técnicas de prevención y control seleccionadas pueden comprender uno o más métodos de tratamiento dependiendo de:

- Disposiciones reglamentarias
- Importancia de la fuente
- Ubicación de la instalación generadora de emisiones con relación a otras fuentes
- Ubicación de receptores sensibles
- Calidad actual del aire ambiente y potencial de degradación de la atmósfera del proyecto que se propone implementar

- Viabilidad técnica y relación eficacia en cuanto costos de las opciones disponibles de prevención, control y liberación de emisiones

## Calidad del aire ambiente

### Enfoque general

Los proyectos que utilicen fuentes significativas<sup>5,6</sup> de emisiones al aire y puedan causar impactos sustanciales en la calidad del aire ambiente deberán prevenir o reducir al mínimo éstos, garantizando que:

- Las emisiones no produzcan concentraciones contaminantes que igualen o superen las permitidas por las normas y las guías sobre calidad del ambiente<sup>9</sup> en aplicación de la legislación nacional, o en su ausencia, de las actuales Guías de Calidad del Aire de la OMS<sup>10</sup> (véase

Tabla 1.1.1), o de otras fuentes reconocidas internacionalmente<sup>11</sup>;

- Las emisiones no contribuyan en un porcentaje significativo a alcanzar los niveles fijados en las guías o en las normas aplicables sobre calidad del aire ambiente. La presente Guía sugiere, como regla general, un 25 por ciento de dichos niveles, lo cual permitiría un futuro desarrollo sostenible en el área.<sup>12</sup>

Tabla 1.1.1: Guías de calidad del aire ambiente de la OMS<sup>7, 8</sup>

|  | Periodo de promedio    | Valor guía en µg/m <sup>3</sup>  |
|--|------------------------|--|
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )         | 24-horas               | 125 (límite provisional-1)<br>50 (límite provisional-2)<br>20 (guía)                               |
|  | 10 minutos             | 500 (guía)   |
| Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )      | 1-año                  | 40 (guía)  |
|  | 1-hora                 | 200 (guía)   |
| Materia particulada MP <sub>10</sub>         | 1-año                  | 70 (límite provisional-1)<br>50 (límite provisional-2)<br>30 (límite provisional-3)<br>20 (guía)   |
|  | 24-horas               | 150 (límite provisional-1)<br>100 (límite provisional-2)<br>75 (límite provisional-3)<br>50 (guía) |
| Materia particulada sólida PM <sub>2.5</sub> | 1-año                  | 35 (límite provisional-1)<br>25 (límite provisional-2)<br>15 (límite provisional-3)                |
|  | 24-horas               | 10 (límite provisional-1)<br>7.5 (límite provisional-2)<br>5 (límite provisional-3)<br>2.5 (guía)  |
| Ozono  | 8 horas diarias máximo | 160 (límite provisional-1)<br>100 (guía)   |

<sup>5</sup> Se entiende por fuentes significativas de emisiones fijas y fugitivas aquéllas que, de manera general, contribuyen al incremento neto de las emisiones de materia particulada (MP 10/50), dentro de una zona atmosférica dada, de uno o varios de los siguientes contaminantes; NO<sub>x</sub>: 500 tpa; SO<sub>2</sub>: 500 tpa; o según los límites establecidos por la legislación del país de que se trate; así como las fuentes de combustión con una carga térmica de 50 MWth o superior. Los baremos que determinen si las emisiones de contaminantes orgánicos e inorgánicos son o no significativas deberán fijarse de forma específica para cada proyecto, teniendo en cuenta la toxicidad y otras propiedades del contaminante.

<sup>6</sup> Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA); Prevention of Significant Deterioration of Air Quality, 40 CFR Ch. 1 Part 52.21. Entre otras referencias sobre fijación de límites de emisiones significativas destaca el Documento de orientación para la realización del EPER, publicado en 2000 por la Comisión Europea: <http://ec.europa.eu/environment/ipcc/eper/index.htm>; y el registro estatal de contaminantes (National Pollutant Inventory Guide) publicado en 2004 por el Gobierno de Australia; <http://www.npi.gov.au/handbooks/pubs/npiguide.pdf>

<sup>7</sup> Organización Mundial para la Salud (OMS); Air Quality Guidelines Global Update, 2005. El valor de materia particulada (PM) en 24 horas es el percentil 99.

<sup>8</sup> Se incluyen los límites provisionales en vista de la necesidad de aplicar un enfoque por fases al cumplimiento de las guías recomendadas.

<sup>9</sup> Las normas de calidad del aire ambiente son los niveles de calidad del aire fijados y publicados a partir de procesos legislativos nacionales y procesos regulatorios, mientras que las guías sobre calidad del aire ambiente hacen referencia a niveles de calidad del aire obtenidos principalmente a través de datos clínicos, toxicológicos y epidemiológicos (como los publicados por la Organización Mundial para la Salud).

<sup>10</sup> Organización Mundial para la Salud (OMS). <http://www.who.int/en>

En lo que respecta a las instalaciones, se aconseja que el impacto se determine a través de evaluaciones cualitativas o cuantitativas utilizando un análisis de referencia de la calidad del aire y modelos de dispersión atmosférica para calcular posibles niveles de concentración terrestre. A la hora de elaborar los modelos de dispersión, protección contra los efectos de corrientes, turbulencias o inclemencias atmosféricas, estructuras próximas<sup>13</sup> y características del terreno, es recomendable recurrir a datos locales sobre estado de la atmósfera, clima y calidad del aire ambiente. El modelo de dispersión que se utilice deberá estar homologado internacionalmente, o al menos ser equiparable. El Anexo 1.1.1. incluye ejemplos de métodos comúnmente aceptados de modelos de dispersión y estimación de emisiones para fuentes fijas y fugitivas. Estos métodos incluyen modelos para evaluaciones de fuentes únicas de emisión (SCREEN3 o AIRSCREEN), así como otros modelos más complejos y refinados (AERMOD o ADMS). La selección de uno u otro modelo depende de la complejidad y las características geomorfológicas del emplazamiento del proyecto (por ejemplo, terrenos montañosos, zonas rurales, o áreas urbanas).

### *Proyectos ubicados en atmósferas degradadas o en zonas ecológicamente sensibles*

Las instalaciones o proyectos ubicados en áreas con mala calidad del aire<sup>14</sup>, y las situadas dentro o en las proximidades de zonas declaradas como ecológicamente sensibles (por ejemplo, parques nacionales), deberán garantizar que los incrementos en los niveles de contaminación sean tan pequeños como sea posible, y que no superen una parte de las guías o normas sobre calidad del aire media anual o a corto plazo establecidas en la evaluación ambiental específica para el proyecto. Entre las medidas recomendadas para mitigar estos incrementos se incluyen la

<sup>13</sup> Por "próximas" se entienden las situadas en el área comprendida dentro de un radio equivalente, como máximo, a 20 veces la altura de la chimenea de emisión.

reubicación de fuentes de emisiones significativas fuera del espacio atmosférico en cuestión, el uso de combustibles y tecnologías menos contaminantes, la aplicación de medidas globales de control de la contaminación, el uso de actividades compensatorias en instalaciones controladas por el promotor del proyecto o en otras instalaciones dentro del mismo área, y la reducción inicial de emisiones.

Las disposiciones específicas dirigidas a minimizar tanto las emisiones como su impacto sobre la calidad del aire o sobre espacios aéreos ecológicamente sensibles deberán establecerse de forma específica para cada proyecto o para cada industria, correspondiendo a la agencia local responsable de la concesión y el control de permisos de emisión, el seguimiento y la ejecución de las disposiciones compensatorias que no se hallen bajo el control directo del promotor del proyecto o de las reducciones iniciales. Dichas disposiciones habrán de estar en vigor antes de la puesta en servicio definitiva de la instalación /del proyecto.

### *Fuentes fijas*

Las fuentes fijas son fuentes de emisiones discretas, estacionarias e identificables que liberan contaminantes a la atmósfera y se hallan situadas habitualmente en fábricas o plantas de producción. Cada fuente fija puede estar compuesta por varios "puntos de emisión" individuales.<sup>15</sup>

Las fuentes fijas se caracterizan por ser emisoras de contaminantes generalmente asociados con la combustión de combustibles fósiles como óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de

<sup>14</sup> Se considera que la calidad del aire en un espacio atmosférico es mala cuando se excedan significativamente los límites fijados por las normas sobre calidad del aire de la legislación estatal o las guías sobre calidad del aire de la OMS.

<sup>15</sup> Los puntos de emisión hacen referencia a chimeneas, conductos de ventilación u otros puntos específicos de liberación de contaminantes. No deben confundirse con el concepto de fuentes fijas, ya que ambos términos expresan una distinción regulatoria de las fuentes móviles y de áreas. La división de fuentes fijas en distintos puntos de emisión resulta útil a la hora de obtener datos más detallados en los informes sobre emisiones.

azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y partículas sólidas (PS), así como con otros contaminantes atmosféricos, entre ellos ciertos compuestos orgánicos volátiles (COV) y metales también asociados a una amplia gama de actividades industriales.

Las emisiones provenientes de fuentes fijas deben ser evitadas y controladas de acuerdo con lo dispuesto en las prácticas internacionales recomendadas para la industria vigentes en el sector industrial de que se trate, dependientes de las condiciones ambientales, mediante la aplicación combinada de modificaciones de procesos y controles sobre las emisiones, tal y como se muestra en los ejemplos del Anexo 1.1.2. A continuación se ofrecen una serie de recomendaciones relativas a la altura de las chimeneas de emisión y a emisiones de pequeñas instalaciones de combustión.

### *Altura de las chimeneas de emisión*

La altura de las chimeneas de todas las fuentes fijas de emisiones, ya sean o no "significativas", deberá diseñarse de conformidad con las normas internacional recomendada para la industria (véase Anexo 1.1.3) a fin de evitar concentraciones excesivas a nivel del suelo debidas a corrientes, turbulencias o inclemencias atmosféricas y de garantizar una difusión adecuada que reduzca al mínimo los impactos. En aquellos proyectos en que existan múltiples fuentes de emisiones, las alturas de las chimeneas de emisión habrá de fijarse teniendo en cuenta las emisiones procedentes del resto de fuentes del proyecto, tanto fijas como fugitivas. Las fuentes de emisiones no significativas, entre ellas las pequeñas instalaciones de combustión,<sup>16</sup> deberán igualmente aplicar al diseño de las chimeneas la práctica internacional recomendada.

### *Guías sobre emisiones en pequeñas instalaciones de combustión*

Los procesos de combustión en plantas de pequeña capacidad son sistemas diseñados para producir energía eléctrica o mecánica, vapor, calor, o cualquier combinación de estos elementos, independientemente del tipo de combustible empleado, con una capacidad térmica nominal total de entre tres y cincuenta megavatios térmicos (MWth).

Las guías sobre emisiones de la Tabla 1.1.2 se refieren a instalaciones de pequeña capacidad que realizan procesos de combustión con un funcionamiento de más de 500 horas por año, y a aquellas cuya utilización de la capacidad anual sea superior al 30 por ciento. En las plantas que utilicen mezclas de combustibles en los procesos de combustión se deberá comparar el rendimiento de las emisiones con las guías de la tabla, tomando como base la suma del aporte relativo de cada combustible<sup>17</sup>. Se aplicarán valores mínimos de emisión cuando la instalación en cuestión se halle situada en un lugar en que el espacio atmosférico sea ecológicamente sensible, o en que la calidad del aire sea escasa, a fin de poder hacer frente a la acumulación de impactos potenciales provocados por varias plantas de combustión que formen parte de un proyecto de generación distribuida.

<sup>16</sup> Estas fuentes de combustión son aquellas con una capacidad térmica nominal de 50MWth como máximo.

<sup>17</sup> Se entiende por aporte de un combustible el porcentaje de poder calorífico inferior (LHV) del combustible utilizado multiplicado por su valor límite.

**Tabla 1.1.2 – Guías sobre emisiones en pequeñas instalaciones de combustión (3MWth – 50MWth) – (en mg/Nm<sup>3</sup>, salvo indicación en contrario)**

| Tecnología de combustión/combustible                                  | Partículas sólidas (PS)   | Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )   | Óxidos de nitrógeno (NOx)  | Gas seco, exceso de contenido de O <sub>2</sub> (%) |
|---|---|--|--|---|
| <b>Motor</b>  |   |  |  |   |
| Gas   | N/A   | N/A  | 200 (Ignición por chispa)<br>400 (Combustible dual)<br>1.600 (Ignición por compresión)   | 15  |
| Líquido   | 50; o hasta un máximo de 100 cuando esté justificado por las consideraciones específicas del proyecto (por ejemplo, viabilidad económica del empleo de combustible con bajo contenido en ceniza, o adición de tratamientos secundarios para cumplir el límite de 50 y capacidad medioambiental de la ubicación) | 1,5 por ciento de azufre, o hasta un máximo de 3,0 por ciento cuando esté justificado por las consideraciones específicas del proyecto (por ejemplo, viabilidad económica del empleo de combustible con bajo contenido en azufre, o adición de tratamientos secundarios para cumplir el límite del 1,5 por ciento de azufre, y capacidad medioambiental de la ubicación) | Si el diámetro interior de la boca mide [en mm] < 400: 1460<br>(o hasta un máximo de 1.600, cuando esté justificado para mantener una alta eficiencia energética.)<br>Si el diámetro interior de la boca mide [en mm] ≥ 400: 1.850 | 15  |
| <b>Turbina</b>  |   |  |  |   |
| Gas natural<br>De ≥3MWth a < 15MWth                                   | N/A   | N/A  | 42 ppm (Generación eléctrica)<br>100 ppm (Transmisión mecánica)  | 15  |
| Gas natural<br>De ≥15MWth a < 50MWth                                  | N/A   | N/A  | 25 ppm   | 15  |
| Otros combustibles distintos del gas natural<br>De ≥3MWth a < 15MWth  | N/A   | 0,5 por ciento de azufre, o un porcentaje inferior (por ejemplo, 0,2) cuando sea comercialmente posible sin que suponga un exceso significativo sobre el coste del combustible   | 96 ppm (Generación eléctrica)<br>150 ppm (Transmisión mecánica)  | 15  |
| Otros combustibles distintos del gas natural<br>De ≥15MWth a < 50MWth | N/A   | 0,5 por ciento de azufre, o un porcentaje inferior (por ejemplo, 0,2) cuando sea comercialmente posible sin que suponga un exceso significativo sobre el coste del combustible   | 74 ppm   | 15  |
| <b>Boiler</b>   |   |  |  |   |
| Gas   | N/A   | N/A  | 320  | 3   |
| Líquido   | 50, o hasta un máximo de 150 cuando esté justificado por la evaluación ambiental  | 2000   | 460  | 3   |
| Sólido  | 50, o hasta un máximo de 150 cuando esté justificado por la evaluación ambiental  | 2000   | 650  | 6   |

Notas: -N/A (no aplicable) indica que no existen guías sobre emisiones. Deben aplicarse niveles de rendimiento superiores a los de la Tabla a instalaciones ubicadas en zonas urbanas/ industriales con entornos atmosféricos degradados o próximas a zonas ecológicamente sensibles que exijan controles más restrictivos de las emisiones. MWth indica la potencia calorífica según poder calorífico superior (HHV). Los combustibles sólidos incluyen la biomasa. Nm<sup>3</sup> es para una atmósfera de presión y 0°C. La categoría de MWth se aplicará a la totalidad de las instalaciones compuestas por varias unidades cuando las emisiones provengan de una chimenea común, salvo en lo referente a los límites de emisión de NOx y partículas sólidas en turbinas y calderas. Los valores de las guías son de aplicación a instalaciones que estén en funcionamiento más de 500 horas al año y cuyo factor de utilización de capacidad anual supere el 30 por ciento



## Fuentes fugitivas

Las emisiones al aire provenientes de fuentes fugitivas corresponden a emisiones distribuidas espacialmente en zonas amplias, que no se concentran en un solo lugar de descarga y proceden de operaciones en las que los escapes no se canalizan a través de chimeneas y conductos de ventilación. Las emisiones fugitivas tienen un potencial de impacto terrestre por unidad mucho mayor que las emisiones de origen fijo, puesto que su descarga y dispersión se produce cerca de la tierra. Los dos tipos principales de emisiones fugitivas son los compuestos orgánicos volátiles (COV) y las partículas sólidas (PS). Otros contaminantes (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y CO) están asociados principalmente a los procesos de combustión descritos en párrafos anteriores. Los proyectos en los que existan fuentes de emisiones fugitivas potencialmente significativas deberán determinar la necesidad de prácticas de evaluación y seguimiento de la calidad ambiental.

La quema al aire libre de residuos sólidos, sean o no peligrosos, no se considera una práctica correcta y deberá evitarse, ya que no hay modo efectivo de controlar la generación de emisiones contaminantes procedentes de este tipo de fuentes.

### *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*

Las fuentes más comunes de emisiones de compuestos orgánicos volátiles están asociadas a las actividades industriales que generan, almacenan y utilizan líquidos o gases que contienen compuestos orgánicos volátiles, donde los materiales se encuentran bajo presión, sometidos a una reducción de la presión de vapor o desplazados desde un espacio cerrado. Entre las fuentes habituales se incluyen fugas en los equipos, cubas abiertas y tanques de mezcla, tanques de almacenamiento, operaciones de unidades en sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como escapes accidentales. Las fugas en equipos afectan a válvulas, conexiones y empalmes expuestos a emisiones fugitivas bajo presión. Entre las técnicas

recomendadas para la prevención y el control de emisiones de COV asociadas a fugas se incluyen las siguientes:

- Modificaciones en los equipos; se indican algunos ejemplos en el Anexo 1.1.4;
- Implementación de programas de detección y reparación de fugas (LDAR), destinados al control de las emisiones fugitivas, mediante un seguimiento continuo dirigido a la detección de fugas y la aplicación de reparaciones, dentro de un periodo predefinido.<sup>18</sup>

Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles asociadas a la manipulación de productos químicos en cubas abiertas y procesos de mezcla, las técnicas de prevención y control recomendadas incluyen:

- Sustitución de las sustancias menos volátiles, como los disolventes acuosos;
- Recogida de vapores a través de extractores de aire y posterior tratamiento de flujos de gas, mediante la eliminación de los compuestos orgánicos volátiles, a través de aparatos condensadores o mediante tratamientos de absorción de carbón activado;
- Recogida de vapores a través de extractores de aire y posterior tratamiento con aparatos de control destructivo, como los siguientes:
  - Incineradores catalíticos: se emplean para reducir los compuestos orgánicos volátiles procedentes de los gases de escape emitidos desde cabinas de pintura a pistola, hornos y otras operaciones del proceso
  - Incineradores térmicos: se emplean para controlar los niveles de un flujo de gas, introduciendo el flujo de gas a través de una cámara de combustión, donde los compuestos orgánicos volátiles se queman al aire a temperaturas entre 700° y 1.300° C

<sup>18</sup> Si desea más información, puede consultarse el Programa de Detección y Reparación de Fugas de Gases (Leak Detection and Repair Program, LDAR), en: <http://www.ldar.net>

- Cámaras de combustión: se emplean para convertir los compuestos orgánicos volátiles en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante combustión directa
- Uso de techos flotantes en tanques de almacenamiento, con el fin de reducir las posibilidades de volatilización, mediante la eliminación de la cámara de aire existente en los tanques de almacenaje convencionales.

### Partículas sólidas (PM)

El contaminante más común presente en las emisiones de fuentes fugitivas es el polvo, o las partículas sólidas (PM). Este elemento se libera durante determinadas operaciones, como el transporte o almacenaje al aire libre de materiales sólidos, así como desde superficies de tierra descubiertas, como carreteras sin asfaltar. Algunos modos de prevención y control recomendados de estas fuentes de emisión son:

- Uso de métodos de control de polvo, como toldos, eliminación con agua o aumento del nivel de humedad en los almacenamientos de materiales al aire libre, así como controles de extracción de aire y tratamiento a través de una cámara de filtros o ciclón, para fuentes de manejo de materiales, como máquinas transportadoras y contenedores;
- Uso de la eliminación por agua para el control de materiales sueltos en superficies, tanto asfaltadas como sin asfaltar. La aplicación de petróleo o alguno de sus derivados no se recomienda como método para el control del polvo en carreteras no asfaltadas. El Anexo 1.1.5 muestra diversos ejemplos de opciones adicionales de control para carreteras sin asfaltar.

### Sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)

Algunos productos químicos están calificados como sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), estando prevista su eliminación progresiva, en cumplimiento del Protocolo de

Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono.<sup>19</sup> Dicho Protocolo prohíbe la instalación de nuevos sistemas o procesos que incluyan el uso de CFC (clorofluocarbonos), halones, 1,1,1-Tricloroetano, tetracloruro de carbono, metilbromuro o HBFCs. Los HCFC deberán considerarse exclusivamente como alternativas provisionales / transitorias, de conformidad con los acuerdos y reglamentaciones adoptados por cada Estado..<sup>20</sup>

### Fuentes móviles – vehículos a motor terrestres

Al igual que ocurre en otros procesos de combustión, las emisiones provenientes de vehículos a motor, tanto de turismo como todo terreno, incluyen CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, partículas sólidas y COV. Estas emisiones deberán estar dentro de los límites fijados en los programas nacionales o regionales o, en caso de que estos no existieran, tener en cuenta los siguientes puntos:

- Independientemente del tamaño o tipo de vehículo de que se trate, los propietarios / operadores de flotas deberán aplicar los programas de mantenimiento mecánico recomendados por los fabricantes;
- Los conductores deberán recibir formación acerca de las ventajas de las prácticas de conducción de vehículos que reducen tanto el riesgo de accidentes como el consumo de combustible, así como sobre la importancia de evitar aceleraciones bruscas y de respetar los límites de velocidad;
- Los operadores de flotas de más de 120 unidades de vehículos de gran potencia (autobuses y camiones), o que

<sup>19</sup> Ejemplos: clorofluocarbonos (CFC); halones; 1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo); tetracloruro de carbono; hidroclofluorocarbonos (HCFC); hidrobromofluorocarbonos (HBFC) metilbromuro. Actualmente se emplean en múltiples aplicaciones, incluidas las siguientes: refrigeración doméstica, comercial e industrial (CFC y HCFC); sistemas de aire acondicionado domésticos, comerciales y de vehículos a motor (CFC y HCFC); en la fabricación de productos de espuma (CFC); en aplicaciones de limpieza con disolventes (CFC, HCFC, metilcloroformo y tetracloruro de carbono); en propelentes de aerosoles (CFC); en sistemas de protección de incendios (halones y HBFC), así como en fumigantes de cosechas (metilbromuro).

<sup>20</sup> Puede obtenerse más información en el sitio web de la Secretaría del Protocolo de Montreal, en la dirección: <http://ozone.unep.org/>

sumen más de 540 vehículos de menor potencia<sup>21</sup> (coches y furgonetas) dentro de un mismo espacio atmosférico deberán considerar otros métodos de reducción de impactos potenciales, entre ellos:

- Sustitución de los vehículos antiguos por alternativas modernas, con mayor control energético
- Adaptación de los vehículos más utilizados a energías más limpias, siempre que sea factible
- Instalación y mantenimiento de dispositivos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos
- Implantación de un plan periódico de mantenimiento y reparación de vehículos

## Gases de efecto invernadero (GEI)

Entre los sectores susceptibles de sufrir potenciales emisiones significativas de gases de efecto invernadero (GEI)<sup>22</sup> se encuentran el energético, el de transporte y el de la industria pesada (por ejemplo, cementeras, fábricas de hierro/acero, fusión de aluminio, industrias petroquímicas, refinerías petrolíferas, fábricas de fertilizantes), así como la agricultura, la industria forestal y la de manejo de residuos. Los gases de efecto invernadero se originan a partir de las emisiones directas procedentes de instalaciones ubicadas dentro de los límites físicos del proyecto, mientras que las emisiones indirectas están asociadas a la generación de la energía externa utilizada en el proyecto.

Las siguientes son recomendaciones para la reducción y el control de los gases de efecto invernadero:

- Financiación del carbono;<sup>23</sup>
- Fomento de la eficiencia energética (consulte la sección "Conservación de la energía");
- Protección y fomento de sumideros y depósitos para gases de efecto invernadero;
- Promoción de modalidades sostenibles de explotación agrícola y forestal;
- Promoción, desarrollo y mayor uso de energías renovables;
- Tecnologías de secuestro y almacenamiento del carbono;<sup>24</sup>
- Reducción de las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en el manejo de residuos, así como en la producción, el transporte y la distribución de energía (carbón, petróleo y gas).

## Seguimiento

Los programas de seguimiento de las emisiones y la calidad del aire proporcionan información que permiten evaluar la efectividad de las estrategias de control de emisiones. Es recomendable la puesta en marcha de un proceso sistemático de planificación, a fin de garantizar que los datos obtenidos son los adecuados para los fines que se buscan (y de evitar la recopilación de datos innecesarios). Este proceso, en ocasiones denominado proceso de objetivos de la calidad de los datos, establece la finalidad de los datos recopilados, las decisiones que deberán emprenderse según los datos obtenidos, las consecuencias que se derivan de

<sup>21</sup> Se asume que los umbrales de tamaño de las flotas seleccionadas representan fuentes de emisiones potencialmente significativas, basados en vehículos individuales que recorren 100.000 kilómetros al año y en la media de los factores de emisión.

<sup>22</sup> Los seis gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

<sup>23</sup> La financiación del carbono como estrategia de reducción de emisiones de carbono supone el respaldo a los mecanismos para un desarrollo limpio por parte de la Administración, o bien la aplicación de las medidas de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

<sup>24</sup> El secuestro y almacenamiento del dióxido de carbono es un proceso que consiste en separar el CO<sub>2</sub> procedente de fuentes industriales y energéticas, transferirlo a una ubicación de almacenamiento y aislarlo de la atmósfera durante un largo periodo, por ejemplo en formaciones geológicas, en el océano, o en carbonatos minerales (reacción del CO<sub>2</sub> con óxidos metálicos en minerales de silicato para producir carbonatos estables). Este método está siendo objeto de estudios intensivos en todo el mundo, como el informe especial sobre captura y almacenamiento de dióxido de carbono del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006).

decisiones erróneas, los límites temporales y geográficos, y la calidad de los datos necesaria para adoptar una decisión correcta.<sup>25</sup> El programa de seguimiento de la calidad del aire deberá tener en cuenta los elementos siguientes:

- *Parámetros de seguimiento:* los parámetros de seguimiento escogidos deberán reflejar los contaminantes de mayor riesgo asociados a los procesos del proyecto. En los procesos de combustión, los parámetros indicadores suelen incluir la calidad de las aportaciones, como por ejemplo el contenido de azufre del combustible.
- *Cálculos básicos:* antes de desarrollar un proyecto, deberá realizarse un seguimiento de referencia de la calidad del aire tanto en el interior como en el exterior del emplazamiento, destinado a evaluar los niveles ambientales de contaminantes clave con el fin de establecer la diferencia entre las condiciones ambientales ya existentes y los impactos derivados del proyecto.
- *Tipo y frecuencia del seguimiento:* los datos sobre las emisiones y la calidad del aire ambiente generados durante el programa de seguimiento deberán ser representativos de la descarga de emisiones a lo largo de todo el proyecto. Algunos ejemplos de las variaciones basadas en el factor tiempo correspondientes al proceso de fabricación son la fabricación en lotes y las variaciones de los procesos estacionales. Las emisiones procedentes de procesos con alto grado de variación pueden requerir que el muestreo sea más frecuente o se realice mediante métodos combinados. El rango de la frecuencia y duración del seguimiento de las emisiones también puede oscilar, desde la ejecución continua para determinados parámetros operativos de procesos de combustión o aportaciones (por ejemplo, la

calidad del combustible), hasta una frecuencia menor de las pruebas mensuales, trimestrales o anuales de emisión de gases.

- *Ubicaciones de seguimiento:* el seguimiento de la calidad del aire ambiente puede llevarse a cabo tanto desde las instalaciones como fuera de ellas, y depender del promotor del proyecto, de la agencia gubernamental competente, o de ambos conjuntamente. La ubicación de las estaciones de seguimiento de la calidad del aire ambiente deberá establecerse conforme a los resultados de métodos científicos y modelos matemáticos, destinados a evaluar el impacto potencial causado en el espacio atmosférico por una fuente de emisiones, y tomando en consideración aspectos tales como el emplazamiento de las comunidades que pueden verse afectadas y la dirección del viento.
- *Métodos de muestreo y análisis:* los programas de seguimiento deberán aplicar métodos nacionales o internacionales de recogida y análisis de muestras, como los publicados por la Organización Internacional para la Estandarización,<sup>26</sup> el Comité Europeo para la Estandarización,<sup>27</sup> o la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU.<sup>28</sup> El muestreo deberá llevarse a cabo bajo la dirección o supervisión de personas cualificadas, y los análisis, por entidades autorizadas o que dispongan de los permisos necesarios para ello. Tanto los muestreos como los análisis se hallan sujetos al

<sup>25</sup> Véase, por ejemplo, el siguiente documento de la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU. (EPA): Guidance on Systematic Planning Using the Data Quality Objectives Process EPA QA/G-4, EPA/240/B-06/001, febrero de 2006.

<sup>26</sup> En la siguiente dirección se puede consultar un catálogo en línea de las normas ISO relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad: <http://www.iso.org/iso/en/CatalogueListPage.CatalogueList?ICS1=13&ICS2=&ICS3=&scopelist=>

<sup>27</sup> En la siguiente dirección se puede consultar un catálogo en línea de las normas europeas: <http://www.cen.eu/catweb/cwen.htm>.

<sup>28</sup> El Índice Nacional de Métodos Medioambientales Nacionales (National Environmental Methods Index) constituye un centro de intercambio de información sobre los métodos empleados en Estados Unidos, así como sobre procedimientos de seguimiento, tanto obligatorios como optativos, con respecto al agua, los sedimentos, el aire y los tejidos, y se encuentra disponible en la dirección siguiente <http://www.nemi.gov/>.

cumplimiento de planes de control y aseguramiento de la calidad, y deberán documentarse para garantizar que la calidad de los datos se corresponde con el uso previsto de los mismos (por ejemplo, si los límites de detección incluidos en el método se hallan por debajo de los niveles de riesgo). Los informes de seguimiento deberá incluir documentación acerca del control y aseguramiento de la calidad.

### *Seguimiento de emisiones de pequeñas instalaciones de combustión*

- Enfoques de seguimiento adicionales recomendados para calderas:

#### *Calderas con capacidades entre $\geq 3$ MWth y $< 20$ MWth:*

- Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas sólidas. En las calderas a gas, solamente podrá efectuarse el cálculo de NO<sub>x</sub>. Los datos de SO<sub>2</sub> pueden calcularse a partir de la certificación de calidad del combustible, en caso de que no se utilice el equipo de control de SO<sub>2</sub>.
- Si la prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación genera resultados uniformes y considerablemente mejores que los niveles exigidos, podrá reducirse la frecuencia, y efectuarse la prueba cada dos o tres años.
- Seguimiento de emisiones: ninguno.

#### *Calderas con capacidades entre $\geq 20$ MWth y $< 50$ MWth*

- Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas sólidas. En las calderas a gas, solamente podrá efectuarse el cálculo de NO<sub>x</sub>. Los datos de SO<sub>2</sub> pueden calcularse a partir de la certificación de calidad del combustible, en caso de que no se utilice el equipo de control de SO<sub>2</sub>.
- Seguimiento de emisiones: SO<sub>2</sub>: plantas con equipo de control de SO<sub>2</sub>: continuo. NO<sub>x</sub>: seguimiento continuo bien de las emisiones de NO<sub>x</sub>, o bien valor indicativo de

emisiones de NO<sub>x</sub> utilizando parámetros de combustión.

Partículas sólidas: seguimiento continuo de emisiones de partículas sólidas, de la opacidad, o del valor indicativo de las emisiones de partículas sólidas mediante parámetros de combustión/control visual.

- Enfoques de seguimiento adicionales recomendados para turbinas:
  - Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> (NO<sub>x</sub> solo para turbina a gas).
  - Si la prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación genera resultados uniformes (durante 3 años consecutivos) y considerablemente mejores (por ejemplo, inferiores al 75 por ciento), que los niveles exigidos, podrá reducirse la frecuencia y efectuarse la prueba cada dos o tres años.
  - Seguimiento de emisiones: NO<sub>x</sub>: seguimiento continuo bien de emisiones de NO<sub>x</sub>, o bien del valor indicativo de las emisiones de NO<sub>x</sub> con parámetros de combustión. SO<sub>2</sub>: seguimiento continuo si se utiliza equipo de control de SO<sub>2</sub>.
- Enfoques de seguimiento adicionales recomendados para motores:
  - Prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y partículas sólidas (NO<sub>x</sub> solo para motores diesel a gas).
  - Si la prueba anual de emisiones de chimeneas y conductos de ventilación genera resultados uniformes (3 años consecutivos) y considerablemente mejores (por ejemplo, inferior al 75 por ciento), que los niveles exigidos, podrá reducirse la frecuencia y efectuarse la prueba cada dos o tres años.
  - Seguimiento de emisiones: NO<sub>x</sub>: seguimiento continuo bien de emisiones de NO<sub>x</sub>, o bien del valor indicativo de las emisiones de NO<sub>x</sub> con parámetros de combustión. SO<sub>2</sub>: seguimiento continuo, si se utiliza el equipo de

control de SO<sub>2</sub>. Partículas sólidas: seguimiento continuo de las emisiones de partículas sólidas, o valor indicativo de las emisiones de partículas sólidas con parámetros de funcionamiento.

### Anexo 1.1.1 – Estimación de emisiones al aire y métodos de creación de modelos de dispersión

A continuación se ofrece una lista parcial de documentos de ayuda para el cálculo de las emisiones al aire de diversos procesos y modelos de dispersión de aire:

Manuales de técnicas de estimación de emisiones del gobierno australiano (Australian Emission Estimation Technique Manuals):  
<http://www.npi.gov.au/handbooks/>

Guía metodológica de elaboración de inventarios de emisiones a la atmósfera (Atmospheric Emission Inventory Guidebook), UN / ECE / EMEP y la Agencia Medioambiental Europea  
<http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual/TFEI/unece.htm>

Factores de emisión y métodos de estimación de emisiones, Oficina de planificación y normas de la calidad del aire, Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos.(EPA)  
<http://www.epa.gov/ttn/chief>

Guías sobre modelos de calidad del aire (Revisadas), Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos.(EPA), 2005  
[http://www.epa.gov/scram001/guidance/guide/appw\\_05.pdf](http://www.epa.gov/scram001/guidance/guide/appw_05.pdf)

Preguntas frecuentes, Unidad de evaluación y modelos de calidad del aire, Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido  
[http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/airquality/236092/?version=1&lang=\\_e](http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/airquality/236092/?version=1&lang=_e)

Base de datos de la OCDE sobre el uso y liberación de productos químicos industriales <http://www.olis.oecd.org/ehs/urchem.nsf/>

### Anexo 1.1.2 – Tecnologías de control y prevención de emisiones al aire desde fuentes fijas

| Fuentes y problemas principales  | Prevención general / Modificación de procesos   | Opciones de control               | Eficiencia de la reducción(%) | Estado del gas                    | Observaciones  |
|--|---|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| <b>Partículas sólidas (PS)</b>   |   |                                   |                               |                                   |  |
| Las principales fuentes son la combustión de combustibles fósiles y numerosos procesos de fabricación que recogen partículas sólidas a través de los sistemas de extracción de aire y de ventilación. Los volcanes, el spray marino, los incendios forestales y las nubes de polvo (sobre todo en climas secos y semiáridos) contribuyen a los niveles de fondo. | Cambio de combustibles (por ejemplo, seleccionando combustibles con concentraciones bajas de azufre) o reducción de la cantidad de partículas finas que se añaden a un proceso.   | Filtros de tejido                 | 99 – 99,7%                    | Gas seco, temperatura <400F       | La aplicabilidad de este método depende de las características del gas de humos (temperatura, propiedades químicas, abrasión y carga). La relación típica aire/tejido va de 2,0 a 3,5 cfm/ft <sup>2</sup> . Pueden obtenerse concentraciones de salida de 23 mg/Nm <sup>3</sup>  |
|  |   | Precipitador electrostático (ESP) | 97 – 99%                      | Varía según el tipo de partículas | Como condición previa, el gas debe poder eliminar partículas grandes. La eficiencia depende de la resistividad de las partículas. Pueden obtenerse concentraciones de salida de 23 mg/Nm <sup>3</sup>  |
|  |   | Ciclón                            | 74 – 95%                      | Ninguno                           | Mayor eficiencia con partículas grandes. Pueden obtenerse concentraciones de salida de 30 - 40 mg/Nm <sup>3</sup>  |
|  |   | Depurador húmedo                  | 93 – 95%                      | Ninguno                           | Deshacerse de los lodos húmedos puede suponer un problema, dependiendo de la infraestructura del lugar de la instalación. Pueden obtenerse concentraciones de salida de 30 - 40 mg/Nm <sup>3</sup>   |
| <b>Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</b>  |   |                                   |                               |                                   |  |
| Producido principalmente por la quema de combustibles como petróleo y carbón, y también como producto derivado de algunos procesos de tratamiento de aguas residuales y de producción química.   | La selección del sistema de control depende en gran medida de la concentración en los puntos de entrada. Para concentraciones de SO <sub>2</sub> superiores al 10%, se hace pasar la corriente de combustible a través de una planta de ácido, tanto para reducir las emisiones de SO <sub>2</sub> , como para generar azufre de alta calidad destinado a la venta. Los niveles inferiores al 10% no son lo bastante ricos para este proceso, por lo que deben utilizarse procesos de absorción o depuración en los que las moléculas de SO <sub>2</sub> son capturadas en una fase líquida, o de adsorción, en los que se capturan en la superficie de un adsorbente sólido. | Cambio de combustible             | >90%                          |                                   | Algunas alternativas son el carbón con baja concentración de azufre, el diesel ligero o el gas natural, que permiten una reducción de las emisiones de partículas de tipo sulfuroso en el combustible. Otra opción viable es la preparación o limpieza del combustible antes de la combustión, aunque puede tener efectos económicos |
|  |   | Inyección de sorbentes            | 30% - 70%                     |                                   | Se inyecta calcio o cal en los gases de combustión y el sorbente adsorbe el SO <sub>2</sub>  |
|  |   | Desulfurización de humo seco      | 70%-90%                       |                                   | Puede reutilizarse o desecharse  |
|  |   | Desulfurización de humo húmedo    | >90%                          |                                   | Produce yeso como producto derivado  |



### Anexo 1.1.2: Tecnologías de control y prevención de emisiones al aire desde fuentes fijas (continuación)

| Óxidos de nitrógeno (NOx)  |  | Reducción porcentual por tipo de combustible |                 |            | Observaciones   |
|--|--|--|-----------------|------------|---|
|  |  | Carbón                                       | Petróleo        | Gas        |   |
| <p>Asociados a la quema de combustibles. Pueden adoptar varias formas de óxido de nitrógeno: óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que es también un gas causante del efecto invernadero. El término NOx funciona como amalgama entre NO y NO<sub>2</sub> y a él se atribuyen normalmente las emisiones. En este caso NO se multiplica por la relación entre los pesos moleculares de NO<sub>2</sub> a NO y se suma a las emisiones de NO<sub>2</sub>.</p> <p>Los métodos de reducción de NOx parten de alteraciones en condiciones de funcionamiento; como reducir el tiempo de residencia a temperaturas máximas, reducir las temperaturas máximas incrementando las tasas de transferencia de calor o reducir al mínimo la disponibilidad de oxígeno.</p> | <b>Modificación de combustión (en calderas)</b>          |  |                 |            | <p>Estas modificaciones permiten reducir entre un 5 y un 95% las emisiones de NOx. El método de control de combustión empleado depende del tipo de caldera y de la técnica de cocción del combustible.</p>  |
|  | Combustión por llama con bajo nivel de exceso de oxígeno | 10–30  | 10–30           | 10–30      |   |
|  | Combustión en fases                                      | 20–50  | 20–50           | 20–50      |   |
|  | Recirculación del gas de combustión                      | N/A  | 20–50           | 20–50      |   |
|  | Inyección de agua/vapor                                  | N/A  | 10–50           | N/A.       |   |
|  | Quemadores bajos en NOx                                  | 30–40  | 30–40           | 30–40      |   |
|  | <b>Tratamiento de gas de combustión</b>                  | <b>Carbón</b>                                | <b>Petróleo</b> | <b>Gas</b> | <p>A la hora de reducir las emisiones de NOx el tratamiento de gases de combustión resulta más efectivo que los controles de combustión. Las tecnologías utilizadas se pueden clasificar en SCR, SNCR, y adsorción. La tecnología SCR utiliza inyección de amoníaco como agente reductor para convertir NOx en nitrógeno en presencia de un catalizador en un convertidor al entrar el flujo de aire al calentador. Normalmente, parte del amoníaco se filtra, pasando a formar parte de las emisiones.</p> <p>La tecnología SNCR utiliza también inyección de aluminio o de derivados de la urea, sin presencia de catalizador</p> |
| Reducción catalítica selectiva (SCR)   | 60–90  | 60–90  | 60–90           |            |   |
| Reducción selectiva no catalítica (SNCR)   | N/A  | 30–70  | 30–70           |            |   |

Nota: Recopilado por IFC a partir de datos facilitados por expertos técnicos.

**Anexo 1.1.3 – Práctica internacional recomendada para la industria (GIIP)**

**Altura de la chimenea**

(Según documento United States 40 CFR, part 51.100 (ii)).

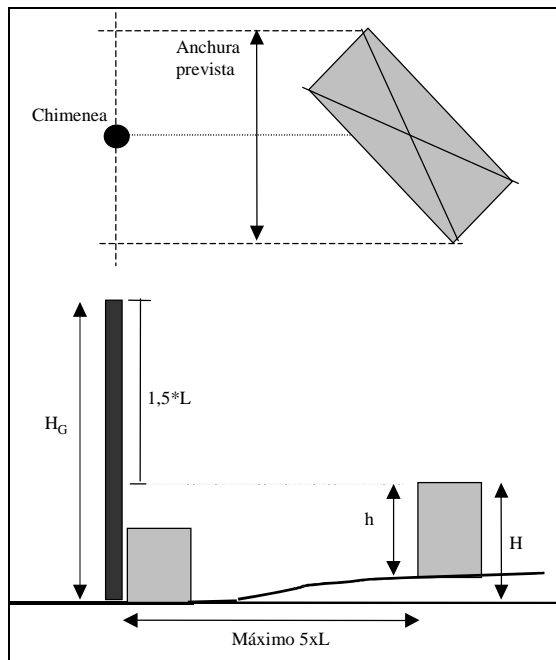
$H_G = H + 1.5L$ ; donde

$H_G$  = altura de la chimenea medida a partir de la elevación de su base sobre el nivel del suelo

$H$  = Altura de la(s) estructura(s) próxima(s) sobre la base de la chimenea

$L$  = Dimensión menor; altura ( $h$ ) o anchura ( $w$ ), de las estructuras próximas

“Estructuras próximas” = Estructuras adyacentes o que estén dentro de un radio de  $5L$ , y a menos de 800 m



**Anexo 1.1.4 - Ejemplos de controles de emisiones de COV**

| Tipo de equipo  | Modificación  | Eficiencia aproximada del control (%) |
|---|---|---------------------------------------|
| Bombas  | Diseño sin sellado  | 100 <sup>29</sup>                     |
|   | Sistema de ventilación cerrada  | 90 <sup>30</sup>                      |
|   | Sellado mecánico doble; el en reposo se mantiene a una presión mayor que el fluido bombeado | 100                                   |
| Compresores   | Sistema de ventilación cerrada  | 90                                    |
|   | Sellado mecánico doble; el en reposo se mantiene a una presión mayor que el gas comprimido  | 100                                   |
| Dispositivo de alivio de presión  | Sistema de ventilación cerrada  | Variable <sup>31</sup>                |
|   | Montaje del disco de ruptura  | 100                                   |
| Válvulas  | Diseño sin sellado  | 100                                   |
| Conectores  | Soldados entre sí   | 100                                   |
| Líneas abiertas   | Válvulas ciegas y secundarias   | 100                                   |
| Conexiones del modelo   | Modelo en bucle cerrado   | 100                                   |
| Nota: los ejemplos de tecnologías se muestran únicamente a efectos explicativos. La posibilidad de aplicar una tecnología determinada dependerá de las especificaciones del fabricante. |   |                                       |

29 Los equipamientos sin sellado pueden ser importantes fuentes de emisiones en caso de avería.

30 El rendimiento real de un sistema de ventilación cerrada depende del porcentaje de vapores recogidos y de la eficiencia de los dispositivos de control hacia los que los vapores son dirigidos.

31 La eficiencia del control de los sistemas de ventilación cerrada instalados en un dispositivo de alivio de presión puede ser menor que la de otros sistemas de ventilación cerrada.

Anexo 1.1.5 – Controles de emisiones fugitivas de PS

| Tipo de control  | Eficiencia del control |
|--|------------------------|
| Estabilización química   | 0% - 98%               |
| Sales higroscópicas<br>Betunes/adhesivos   | 60% - 96%              |
| Surfactantes   | 0% - 68%               |
| Extracción de humedad – Riego  | 12% - 98%              |
| Limitación de velocidad  | 0% - 80%               |
| Reducción del tráfico  | No cuantificado        |
| Pavimentación (Asfalto/Cemento)  | 85% - 99%              |
| Recubrimiento con grava, escoria, o<br>revestimientos especiales tipo " <i>Road<br/>Carpet</i> " | 30% - 50%              |
| Barrido con aspiradora   | 0% - 58%               |
| Descarga de agua de inodoros/Barrido con<br>escoba   | 0% - 96%               |

## 1.2 Conservación de la energía

|  |    |
|--|----|
| Aplicabilidad y enfoque .....  | 20 |
| Programas de manejo de energía .....   | 20 |
| Eficiencia energética .....  | 21 |
| Calentamiento del proceso .....  | 21 |
| Reducción de la carga de calentamiento .....   | 21 |
| Sistemas de distribución de calor .....  | 22 |
| Mejoras de la eficiencia del sistema de conversión de energía .....                                      | 23 |
| Refrigeración del proceso .....  | 23 |
| Reducción de carga .....   | 23 |
| Conversión de energía .....  | 24 |
| Compresión eficiente del refrigerante .....  | 27 |
| Mecanismos auxiliares del sistema de refrigeración .....   | 27 |
| Sistemas de aire comprimido .....  | 27 |
| Reducción de carga .....   | 28 |
| Distribución .....   | 28 |
| Aplicabilidad y enfoque .....  | 29 |
| Calidad general de efluentes líquidos .....  | 30 |
| Vertidos a aguas superficiales .....   | 30 |
| Vertidos a sistemas sanitarios de alcantarillado .....   | 31 |
| Aplicación a suelos de efluentes tratados .....  | 31 |
| Sistemas sépticos .....  | 32 |
| Manejo de aguas residuales .....   | 32 |
| Aguas residuales industriales .....  | 32 |
| Aguas residuales industriales .....  | 32 |
| Aguas residuales sanitarias .....  | 34 |
| Emisiones procedentes de las operaciones de tratamiento de aguas residuales .....                        | 35 |
| Residuos procedentes de operaciones de tratamiento de aguas residuales .....                             | 35 |
| Cuestiones sobre higiene y seguridad ocupacional en operaciones de tratamiento de aguas residuales ..... | 35 |
| Seguimiento .....  | 36 |
| Aplicabilidad y enfoque .....  | 38 |
| Seguimiento y manejo del consumo de agua .....   | 38 |
| Reutilización y reciclado del agua en los procesos .....   | 39 |
| Actuaciones en el recinto de las instalaciones .....   | 40 |
| Sistemas de refrigeración .....  | 40 |
| Sistemas de calefacción .....  | 40 |

### Aplicabilidad y enfoque

La presente guía es de aplicación a instalaciones o proyectos que consumen energía para el calentamiento y enfriamiento de procesos; en procesos y sistemas auxiliares, como motores, bombas y ventiladores; en sistemas de aire comprimido, calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), y en sistemas de iluminación. Complementa las orientaciones sobre emisiones específicas del sector contempladas en las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad del sector industrial, ofreciendo información acerca de técnicas comunes de conservación de la energía que pueden aplicarse a una amplia variedad de sectores.

El manejo de energía dentro del ámbito de las instalaciones debe contemplarse en el contexto de las pautas globales de consumo, incluidas aquellas asociadas con procesos de producción y con servicios auxiliares, y teniendo también en cuenta los impactos de carácter global asociados a las emisiones de fuentes de energía. La siguiente sección ofrece recomendaciones sobre manejo de la energía, centrándose en los sistemas auxiliares comunes, que suponen a menudo oportunidades técnica y económicamente factibles de mejora en la conservación de la energía. No obstante, las operaciones en este campo deben también evaluar las oportunidades de conservación de energía que surgen de modificaciones de los procesos de fabricación.

### Programas de manejo de energía

Los programas de manejo de energía han de incluir los siguientes elementos:

- Identificación, medición y presentación de informes periódicos de los principales flujos de energía dentro de la instalación, a nivel de proceso unitario
- Preparación de balances de masa y energía
- Definición y revisión periódica de los objetivos de desempeño energético, ajustándolos para introducir los cambios que afecten a los factores más influyentes relativos al uso de energía
- Seguimiento y comparación periódica de los flujos de energía y los objetivos de desempeño, para detectar los aspectos en los que es necesario aplicar medidas dirigidas a reducir el uso de energía
- Revisión periódica de objetivos, incluida la comparación con datos de referencia, a fin de confirmar que los objetivos se marcaron en los niveles adecuados

### Eficiencia energética

Los análisis sistemáticos de las mejoras en el desempeño energético y de las oportunidades de reducción de costes en los sistemas que utilizan energía deben incluir un examen jerarquizado de las oportunidades de:

- Manejo de la demanda/la carga, reduciendo las cargas del sistema energético;
- Manejo de la oferta:
  - Reduciendo pérdidas en la distribución de energía
  - Haciendo más eficiente la conversión de energía
  - Aprovechando las oportunidades de adquirir energía
  - Utilizando combustibles bajos en carbono

Más adelante se incluye una síntesis de las oportunidades comunes a cada una de estas dos áreas.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Para obtener orientación adicional sobre eficiencia energética, pueden consultarse las siguientes fuentes: Recursos Naturales de Canadá (NRCAN <http://oee.nrcan.gc.ca/commercial/financial-assistance/new-buildings/mneecb.cfm?attr=20>); Unión Europea (EUROPA. <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s15004.htm>), y Departamento de Energía de

### Calentamiento del proceso

El calentamiento del proceso es una fase esencial en numerosos procesos de fabricación, como el calentamiento de fluidos, la calcinación, el secado, el tratamiento con calor, el calentamiento de metales, la fusión, la aglomeración, la vulcanización y el moldeo<sup>33</sup>.

En los sistemas de calentamiento de procesos, el balance de calor y de masa del sistema muestra cuánta de la energía que entra en él proporciona calentamiento efectivo al proceso, así como la cantidad de combustible empleada para compensar las pérdidas de energía causadas por un exceso de cargas parásitas, por la distribución o por pérdidas en la conversión. El análisis de las oportunidades de ahorro deberá guiarse por los resultados del balance de calor y de masa, si bien las siguientes técnicas suelen ser útiles y rentables.

### Reducción de la carga de calentamiento

- Asegurar un aislamiento adecuado que reduzca las pérdidas de calor a través de las estructuras de hornos, altos hornos, etc.
- Recuperar el calor de los procesos en caliente o de las corrientes de gases de escape, a fin de reducir las cargas del sistema
- En sistemas de calentamiento intermitente, considerar el uso de aislamientos de baja masa térmica para reducir la cantidad de energía necesaria para calentar la estructura del sistema hasta la temperatura de funcionamiento

los Estados Unidos (US DOE, <http://www.eere.energy.gov/consumer/industry/process.html>).

<sup>33</sup> Departamento de Energía de los Estados Unidos; US DOE. <http://www.eere.energy.gov/consumer/industry/process.html>

- Controlar con precisión la temperatura y otros parámetros del proceso para evitar, por ejemplo, el sobrecalentamiento o el secado excesivo
- Analizar las posibilidades de utilizar transportes y recipientes para productos de poco peso y/o de baja masa térmica, como moldes calientes, carros de horno, etc.
- Examinar las oportunidades de programar el flujo de trabajo para reducir la necesidad de recalentar el proceso entre las fases del mismo
- Mantener los hornos y hornos altos operando a una presión ligeramente positiva, y mantener cerradas las juntas de estanqueidad, a fin de limitar las infiltraciones de aire en el sistema ya caliente y reducir, en consecuencia, la necesidad de desperdiciar energía para calentar nuevamente el aire hasta la temperatura de funcionamiento del sistema
- Reducir pérdidas de calor de radiación sellando los intersticios de la estructura y manteniendo cerradas las ventanas de observación cuando no se utilicen
- En la medida de lo posible, usar el sistema para periodos largos en capacidad operativa o próximo a ella
- Considerar el uso de materiales de alta emisividad para revestimientos aislantes a altas temperaturas, con la consecuente reducción de la temperatura del proceso
- Diseños térmicos que utilicen el procedimiento "Near net" para pesos y formas
- Aseguramiento de calidad sólido del material de entrada
- Programación precisa de programas de mantenimiento
- Reparar inmediatamente fugas en sistemas de distribución
- Evitar fugas de vapor, pese a que se crea necesario hacer pasar el vapor a través de la turbina. Comprar electricidad es una opción que resulta en general más barata, especialmente si se considera el coste de tratar el agua de alimentación del calentador para adaptarla a la calidad de la turbina. Cuando el ratio calor-energía del proceso de distribución es inferior a la de los sistemas de energía, deberán tenerse en cuenta las posibilidades de incrementar dicho ratio usando, por ejemplo, vapor a baja presión en los sistemas de refrigeración por absorción en vez de emplear sistemas de compresión de vapor por energía eléctrica
- Comprobar periódicamente el correcto funcionamiento de los purgadores de condensado en los sistemas de vapor, asegurando que el vapor de agua no los sobrepase. La vida útil de los purgadores suele ser de unos 5 años, por lo que el 20% de ellos deberán ser reparados o sustituidos anualmente
- Aislar los dispositivos contenedores del sistema de distribución, como pozos de condensado y desaireadores, en sistemas de vapor y fluido térmico, o en tanques de almacenamiento de agua caliente
- Aislar todas las canalización de vapor, condensado, agua caliente y distribución de fluidos térmicos, a partir de tuberías de 1" (25 mm) de diámetro, además de aislar la totalidad de bridas y válvulas de calor
- En los sistemas de vapor, reenviar el condensado a la sala de calderas para su reutilización, ya que el condensado requiere agua de alta calidad en el calentador, y supone un mayor coste, no sólo por su contenido calorífico
- Emplear sistemas de recuperación del vapor de expansión instantánea para reducir pérdidas provocadas por la evaporación de condensado a alta presión

### *Sistemas de distribución de calor*

La distribución de calor en aplicaciones para calentamiento de procesos se lleva a cabo principalmente mediante vapor, agua caliente o sistemas de fluidos térmicos. Las siguientes medidas permiten reducir las pérdidas de calor:

- Considerar la expansión de vapor a través de turbinas de contrapresión en vez de reducir estaciones de válvulas
- Eliminar pérdidas del sistema de distribución adoptando sistemas de calentamiento en los puntos de uso

### *Mejoras de la eficiencia del sistema de conversión de energía*

Las siguientes opciones de mejorar la eficiencia en procesos con hornos u hornos altos y con sistemas de servicios auxiliares, como calderas y calentadores de fluidos, deben ser examinadas:

- Realizar un seguimiento regular del contenido en CO, oxígeno o CO<sub>2</sub> de los gases de combustión, a fin de verificar que los sistemas de combustión utilizan los mínimos volúmenes de exceso de aire
- Considerar la automatización del proceso de combustión mediante controles activados por oxígeno
- Minimizar el número de calderas o calentadores que se utilizan para las cargas. Por lo general, resulta más eficaz mantener una caldera al 90% de su capacidad que mantener dos 45%. Minimizar también el número de calderas en standby
- Usar reguladores de gases de combustión para eliminar pérdidas de ventilación en las calderas mantenidas en standby
- Mantener limpias las superficies de transferencia de calor; en calderas, los gases de combustión no deben estar a más de 20 K por encima de la temperatura del vapor
- En sistemas de caldera de vapor, usar economizadores que permitan recuperar calor de los gases de combustión y aplicarlo al agua de alimentación o al aire de combustión que aún no han sido calentados
- Considerar el tratamiento del agua de alimentación mediante ósmosis inversa o electrodiálisis para reducir en

lo posible la necesidad de utilizar el dispositivo de extracción de la caldera

- Adoptar un dispositivo automático (continuo) de extracción en las calderas
- Recuperar calor de los sistemas de extracción reutilizando vapor de expansión rápida o precalentando el agua de alimentación
- No alimentar al desaireador con cantidades excesivas de vapor
- Cuando se empleen hornos de fuego directo, considerar las posibilidades de recuperar calor y aplicarlo al aire de combustión utilizando sistemas de quemadores recuperativos o regenerativos
- En sistemas que operen durante periodos extensos (> 6000 horas/año), la generación conjunta de energía eléctrica, calor y/o refrigeración permite el ahorro de costes
- Quemadores de oxígeno y combustible (oxy-fuel)
- Enriquecimiento por oxígeno/inyección de oxígeno
- Empleo de turbuladores en los quemadores
- Adaptación del diseño y el uso de calderas múltiples para diferentes configuraciones de carga
- Control de calidad del combustible/mezcla de combustibles

### *Refrigeración del proceso*

La metodología descrita anteriormente debe aplicarse también a los sistemas empleados en la refrigeración del proceso. A continuación se describen una serie de medidas habitualmente recomendadas para mejorar la eficiencia de la refrigeración del proceso y ahorrar costes.

### *Reducción de carga*

- Asegurar un adecuado aislamiento para reducir el aporte de calor al sistema de refrigeración y a conducciones y

recipientes de refrigerantes que se encuentran por debajo de la temperatura ambiente

- Controlar adecuadamente la temperatura del proceso para impedir un enfriamiento excesivo
- Poner en funcionamiento túneles de enfriamiento a presión ligeramente positiva y mantener en condiciones las juntas de estanqueidad, a fin de reducir la infiltración de aire en el sistema, reduciendo así el gasto innecesario de energía que supone volver a enfriar el aire y mantenerlo a temperatura de funcionamiento
- Examinar las posibilidades de enfriamiento previo, utilizando la recuperación de calor para aplicarla a una fase del proceso que requiera calentamiento, o haciendo uso de un servicio de enfriamiento a temperatura más alta
- En lugares de almacenamiento refrigerados o frescos, minimizar los aportes de calor mediante el uso de cortinas, vestíbulos de entrada, o mecanismos de apertura y cierre rápido de puertas. En los lugares en que las cintas transportadoras lleven productos a zonas enfriadas, reducir todo lo posible el área de transferencia de calor, por ejemplo mediante cortinas de tirilla
- Cuantificar y las cargas de temperatura “incidentales” como, por ejemplo, las producidas por ventiladores del evaporador y otras máquinas, sistemas de deshielo, iluminación en espacios refrigerados, ventiladores para circulación de aire en túneles de enfriamiento, o sistemas secundarios de bombeo de frío (agua fría, agua salada, glicoles)
- No emplear la refrigeración para tareas auxiliares, como enfriar aceite o la cabeza del cilindro del compresor
- Mientras no exista carga térmica, asegurar que no hay bypass de gases en la válvula de expansión, ya que ello aumentaría la carga del compresor, disminuyendo el enfriamiento

- En el caso de aparatos de aire acondicionado, algunas técnicas de eficiencia energética son las siguientes:
  - Situar las tomas de aire y los aparatos de aire acondicionado en lugares frescos que no estén expuestos al sol
  - Acondicionar el aislamiento de los edificios (precintos, conducciones de aire, puertas y ventanas)
  - Plantar árboles alrededor de los edificios, para que actúen como escudos térmicos
  - Instalar temporizadores y/o termostatos y/o sistemas de control basados en balances entálpicos
  - Instalar sistemas de recuperación de calor de ventilación<sup>34</sup>

### Conversión de energía

La eficiencia en el suministro de un servicio de refrigeración se expresa normalmente en términos de coeficiente de rendimiento, (COP), que es el resultado de dividir la capacidad refrigerante entre la energía que se consume. Este coeficiente se maximiza mediante un diseño efectivo del sistema de refrigeración y una buena eficiencia de compresión del refrigerante, así como mediante la reducción al máximo de la diferencia de temperatura en la que se basa el sistema y mediante las cargas auxiliares (es decir, las adicionales a la demanda de energía del compresor) utilizadas para el funcionamiento del sistema de refrigeración.

<sup>34</sup> Para más información sobre eficiencia energética en estos sistemas, pueden consultarse los siguientes enlaces: British Columbia Building Corporation (Woolliams, 2002. [http://www.greenbuildingsbc.com/new\\_buildings/pdf\\_files/greenbuild\\_strategies\\_guide.pdf](http://www.greenbuildingsbc.com/new_buildings/pdf_files/greenbuild_strategies_guide.pdf)), NRCAN's EnerGuide (<http://oe.nrcan.gc.ca/equipment/english/index.cfm?PrintView=N&Text=N>); Programa STAR de la NRCAN (<http://oe.nrcan.gc.ca/energystar/english/consumers/heating.cfm?text=N&printview=N#AC>), y Programa Star de Energía de los EE.UU. ([http://www.energystar.gov/index.cfm?c=guidelines.download\\_guidelines](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=guidelines.download_guidelines)).



## Diseño del sistema

- Cuando las temperaturas del proceso están por encima de la temperatura ambiente durante la totalidad o una parte del año, puede ser conveniente el empleo de sistemas de enfriamiento del ambiente, como los que proporcionan las torres de refrigeración o los basados en aire seco, complementados en todo caso por el uso de la refrigeración durante los meses de verano.
- La mayor parte de los sistemas de refrigeración son sistemas de compresión de vapor que funcionan mediante un motor eléctrico y utilizan compresores volumétricos o centrífugos. La parte restante de la presente guía trata principalmente sobre sistemas de compresión por vapor. No obstante, en los casos en que se disponga de una fuente de calor barata o gratuita (por ejemplo, calor sobrante de un generador a motor –vapor de agua a baja presión que se hace pasar a través de una turbina de contrapresión – puede resultar apropiado el uso de un sistema de refrigeración por absorción
- Aprovechamiento del rango de temperaturas para el enfriamiento rápido: un enfriamiento previo mediante temperatura ambiente y/o refrigeración a "alta temperatura" antes de pasar al enfriamiento definitivo permite reducir los costes de utilización y de capital del sistema de refrigeración. Este sistema permite asimismo un enfriamiento mediante contracorriente (en cascada), que reduce las necesidades de flujo del refrigerante.
- Mantener separados los fluidos "calientes" de los "fríos"; no mezclando, por ejemplo, agua recién enfriada con agua que regresa de los circuitos de refrigeración.
- En sistemas de baja temperatura en los que las diferencias térmicas son inevitables, considerar el uso de un sistema de compresión compuesta o en dos fases, o de compresores helicoidales, que son más económicos, en vez de un sistema de compresión en una fase.

## Minimización de diferencias de temperatura

Un sistema de refrigeración por compresión de vapor eleva la temperatura del refrigerante desde unos grados por debajo de la temperatura más baja que alcanza el proceso (temperatura de evaporación) lo que proporciona a éste el frío suficiente, hasta una temperatura elevada (temperatura de condensación), unos grados por encima de la temperatura ambiente, facilitando la expulsión del calor al aire o a los sistemas de enfriamiento por agua. Al aumentar la temperatura de evaporación se incrementa la capacidad de enfriamiento del compresor sin afectar notablemente al consumo de energía, mientras que una disminución de la temperatura de condensación aumenta la capacidad de enfriamiento del evaporador y reduce sustancialmente el consumo energético del compresor.

## Aumento de la temperatura de evaporación

- Seleccionar un evaporador de gran capacidad que permita diferencias relativamente bajas entre la temperatura del proceso y la de evaporación. Asegurar que el consumo de energía de los servicios auxiliares (por ejemplo, los ventiladores de evaporador) no sea mayor que el ahorro que experimenta el compresor. En aparatos de refrigeración por aire, una diferencia prevista de 6-10 K entre la temperatura del aire saliente y la de evaporación indica que el tamaño del evaporador es el apropiado. Al enfriar líquidos se pueden obtener una diferencia de 2K ambas temperaturas, si bien una diferencia de 4K indica, por lo general, que el tamaño del evaporador es lo suficientemente grande.
- Mantener limpio el evaporador. Asegurar que, al enfriar el aire, el sistema de deshielo funciona correctamente. En el enfriamiento por líquido, controlar la diferencia entre la temperatura del proceso y la del refrigerante y compararla con las previsiones diseñadas, estando atento a la

contaminación del intercambiador de calor por escamas o aceite.

- Asegurar que el aceite se retira periódicamente del evaporador, manteniendo el equilibrio entre las adiciones y las retiradas de aceite.
- Evitar el uso de válvulas de contrapresión.
- Ajustar las válvulas de expansión a fin de reducir todo lo posible el sobrecalentamiento en la succión, evitando así el trasvase de líquido a los compresores.
- Asegurar que el refrigerante es el apropiado y que hay suficiente carga del mismo.

#### Reducción de la temperatura de condensación

- Decidir si se va a emplear un sistema de refrigeración por aire o por evaporación (por ejemplo, condensadores de goteo o condensadores refrigerados por agua y torres de refrigeración). Los evaporadores que usan sistemas de refrigeración por aire alcanzan, por lo general, temperaturas de condensación más altas, lo que implica un mayor uso de energía por el compresor y el consumo de energía auxiliar, especialmente en climas poco húmedos. Si se opta por un sistema húmedo, asegurar un tratamiento adecuado que impida el crecimiento de bacterias de *legionella*.
- Cualquiera que sea el sistema básico elegido, seleccionar un condensador más bien grande, que minimice la diferencia entre la temperatura de condensación y la del disipador de calor. Las temperaturas de condensación en condensadores refrigerados por aire o de goteo no deberá superar en 10K las condiciones ambiente previstas, siendo posible contar con una diferencia de 4K en condensadores refrigerados por líquido.
- Evitar la acumulación de gases no condensados en el sistema de condensación. Considerar la instalación de purgadores refrigerados no condensables, especialmente

en sistemas que operan por debajo de la presión atmosférica.

- Mantener los condensadores limpios y sin restos de escamas. Mantener un seguimiento de la diferencia entre la temperatura ambiente y la del refrigerante y compararla con las previsiones diseñadas, estando atento a la contaminación del intercambiador de calor.
- Evitar el retroceso de líquidos (back-up), ya que dificulta la transferencia de calor en los condensadores. Este inconveniente puede estar causado por errores en la instalación, como reductores concéntricos en tuberías horizontales de refrigerante líquido, o líneas de líquido “up and over” que parten de los condensadores.
- En instalaciones con condensadores múltiples, las líneas de líquido refrigerante deben estar conectadas a la línea principal mediante separadores pendulares para asegurar que los gases calientes lleguen a todos los condensadores.
- Evitar, en la medida de lo posible, el control de la presión de descarga. Este control mantiene la temperatura en los niveles fijados en el diseño, o próxima a ellos, impidiendo que el consumo de energía del compresor disminuya, lo que va implica una temperatura de condensación reducida, al limitarse la capacidad del condensador (generalmente por desconectarse éste o los ventiladores de la torre de refrigeración, o por reducirse el flujo de agua refrigerante) en condiciones de carga menos estrictas que las diseñadas, o en determinadas condiciones ambientales. La presión de descarga suele mantenerse a un nivel superior al necesario para facilitar el deshielo del gas caliente o una circulación adecuada de los líquidos. El uso de válvulas de expansión electrónicas en vez de termostáticas y de bombas de refrigerante permite una circulación eficaz del refrigerante a temperaturas de condensación sensiblemente inferiores.

- Situar los condensadores y las torres de refrigeración con la suficiente separación entre sí, a fin de evitar la recirculación de aire caliente dentro de la torre.

### *Compresión eficiente del refrigerante*

- Algunos compresores refrigerantes y equipos de refrigeración son más eficientes que otros diseñados para cumplir las mismas funciones. Antes de adquirir uno, deben identificarse las condiciones de funcionamiento en las que el compresor o el equipo de refrigeración va probablemente a operar durante periodos considerables de su ciclo anual. Comprobar la eficiencia operativa en esas condiciones y pedir una estimación del coste anual en funcionamiento. Debe tenerse en cuenta que la refrigeración y los sistemas HVAC no suelen funcionar durante periodos de tiempo prolongado en condiciones de diseño, que son deliberadamente extremas. La eficiencia operativa en las condiciones más habituales, fuera de las extremas de diseño, es probablemente la más importante
- La eficiencia de los compresores disminuye cuando están descargados. Debe evitarse la utilización de compresores múltiples en condiciones de carga parcial. Hay que tener en cuenta que los equipos de refrigeración compactos pueden alcanzar coeficiente de rendimiento cuando están ligeramente descargados, ya que la pérdida de eficiencia del compresor puede compensarse con los beneficios de la reducción de la condensación y la elevación de la temperatura de evaporación. Sin embargo, es poco probable que el consumo de energía sea eficiente si se utiliza un solo compresor-refrigerante a menos del 50% de su capacidad.
- Considerar la eficiencia en apagado cuando se especifiquen equipos refrigerantes. El control de velocidad

variable o los refrigerantes de compresor múltiple pueden ser muy eficientes con cargas parciales.

- La utilización de sistemas de almacenamiento térmico (por ejemplo, almacenamiento de hielo) pueden evitar la necesidad de hacer un seguimiento estricto de la carga y, por tanto, evitar el funcionamiento del compresor con carga parcial.

### *Mecanismos auxiliares del sistema de refrigeración*

Muchos mecanismos auxiliares del sistema de refrigeración (por ejemplo, ventiladores del evaporador y bombas de agua enfriada) contribuyen a la carga del sistema de refrigeración, por lo que la reducción de su consumo de energía tiene una doble ventaja. Deberán aplicarse a los mecanismos auxiliares las técnicas generales de ahorro de energía para bombas y ventiladores que se especifican en la siguiente sección de estas guías.

Por otra parte, el uso auxiliar puede reducirse si se evita el funcionamiento a carga parcial y en la selección de planta (por ejemplo, los condensadores de evaporación con ventilador axial consumen normalmente menos energía que las torres de ventilador centrífugo de similar función).

En condiciones extremas no previstas, puede ser conveniente reducir el número de ventiladores y bombas de sistemas de refrigeración, normalmente cuando se ha conseguido la presión de condensación más baja posible.

### *Sistemas de aire comprimido*

El aire comprimido es el servicio auxiliar más frecuente de la industria, aunque en muchos sistemas de aire comprimido la energía contenida en el aire comprimido que llega al usuario es

a menudo el 10% o menos de la energía utilizada en la compresión del aire. A menudo es posible conseguir un ahorro con las siguientes técnicas:

- Los empleados no deberán en ningún caso dirigir el aire comprimido hacia ellos o hacia sus ropas para refrescarse o limpiar éstas.

### *Reducción de carga*

- Examinar cada usuario real de aire comprimido para identificar el volumen de aire necesario y la presión a la que se debe emitir.
- No mezclar cargas de gran volumen a baja presión con cargas de poco volumen a alta presión. Descentralizar las aplicaciones de poco volumen con alta presión o proporcionar servicios auxiliares específicos de baja presión, por ejemplo, utilizando ventiladores en lugar de aire comprimido.
- Revisar las oportunidades de reducción de consumo de aire, por ejemplo:
  - Utilizar boquillas de amplificación de aire en lugar de corrientes de aire comprimido de tubo abierto
  - Considerar si el uso de aire comprimido es verdaderamente necesario
  - En los casos en que sean necesarias corrientes de aire intermitentes (por ejemplo, para airear el producto), considerar si aplicar la corriente de aire por medio de una válvula solenoide adaptada al proceso, que únicamente se abra cuando sea insuflar aire
  - Emplear válvulas de funcionamiento manual o automático para aplicar el aire individualizadamente a máquinas o áreas que no se utilicen de manera continuada
  - Implementar sistemas para la detección y reparación sistemática de fugas
  - Todos los puntos de vaciado de condensado deben estar cerrados. No dejar válvulas de vaciado en posición abierta de forma continua.

### *Distribución*

- Controlar las pérdidas de presión en los filtros, reemplazándolos cuando sea preciso
- Usar tuberías de distribución del tamaño adecuado, diseñadas para reducir al mínimo las pérdidas de presión

## 1.3 Aguas residuales y calidad del agua ambiente

|  |    |
|--|----|
| Aplicabilidad y enfoque .....  | 20 |
| Programas de manejo de energía .....   | 20 |
| Eficiencia energética .....  | 21 |
| Calentamiento del proceso .....  | 21 |
| Reducción de la carga de calentamiento .....   | 21 |
| Sistemas de distribución de calor .....  | 22 |
| Mejoras de la eficiencia del sistema de conversión de energía .....                                      | 23 |
| Refrigeración del proceso .....  | 23 |
| Reducción de carga .....   | 23 |
| Conversión de energía .....  | 24 |
| Compresión eficiente del refrigerante .....  | 27 |
| Mecanismos auxiliares del sistema de refrigeración .....   | 27 |
| Sistemas de aire comprimido .....  | 27 |
| Reducción de carga .....   | 28 |
| Distribución .....   | 28 |
| Aplicabilidad y enfoque .....  | 29 |
| Calidad general de efluentes líquidos .....  | 30 |
| Vertidos a aguas superficiales .....   | 30 |
| Vertidos a sistemas sanitarios de alcantarillado .....   | 31 |
| Aplicación a suelos de efluentes tratados .....  | 31 |
| Sistemas sépticos .....  | 32 |
| Manejo de aguas residuales .....   | 32 |
| Aguas residuales industriales .....  | 32 |
| Aguas residuales industriales .....  | 32 |
| Aguas residuales sanitarias .....  | 34 |
| Emisiones procedentes de las operaciones de tratamiento de aguas residuales .....                        | 35 |
| Residuos procedentes de operaciones de tratamiento de aguas residuales .....                             | 35 |
| Cuestiones sobre higiene y seguridad ocupacional en operaciones de tratamiento de aguas residuales ..... | 35 |
| Seguimiento .....  | 36 |
| Aplicabilidad y enfoque .....  | 38 |
| Seguimiento y manejo del consumo de agua .....   | 38 |
| Reutilización y reciclado del agua en los procesos .....   | 39 |
| Actuaciones en el recinto de las instalaciones .....   | 40 |
| Sistemas de refrigeración .....  | 40 |
| Sistemas de calefacción .....  | 40 |

### Aplicabilidad y enfoque

La presente guía es de aplicación a proyectos en los que existen vertidos directos o indirectos al medio ambiente de aguas residuales procedentes de procesos, aguas residuales de la actividad de los sistemas auxiliares y aguas pluviales. Estas guías también se aplican a los vertidos industriales efectuados a sistemas de alcantarillado sanitario que realizan las evacuaciones sin ser sometidas a tratamiento alguno. Las aguas residuales de proceso pueden ser tanto las provenientes de las actividades de los servicios auxiliares, como las pluviales y a procedentes de sistemas de alcantarillado sanitario. Esta guía también proporciona información sobre las técnicas más comunes para el manejo de las aguas residuales, la conservación del agua y la reutilización, que pueden aplicarse a una amplia variedad de sectores industriales, y sus contenidos complementan las guías sobre efluentes correspondientes a cada sector industrial, recogidas en las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad de sectores industriales. Los proyectos potencialmente susceptibles de generar aguas residuales procedentes de procesos, sistemas sanitarios (doméstico) o aguas pluviales, deberán incorporar las medidas precautorias necesarias con el fin de evitar, minimizar y controlar los impactos adversos para la salud y la seguridad públicas o el medio ambiente.

En función de los sistemas empleados el manejo de la salud, la seguridad y el medio ambiente, las instalaciones deberán:

- Conocer la calidad, cantidad, frecuencia y origen de sus efluentes. También debe disponerse de información acerca de las ubicaciones, rutas e integridad de los sistemas internos de drenaje y evacuación.
- Planificar e implantar la segregación de efluentes líquidos, principalmente los correspondientes a las categorías

industrial, sistemas auxiliares, sanitario y pluvial, con el objeto de limitar el volumen de agua necesario para la realización de tratamientos especializados. Las características de los flujos individuales también pueden utilizarse para la segregación de vertidos.

- Identificar las oportunidades para evitar o reducir la contaminación por aguas residuales, mediante medidas tales como el reciclado/reutilización dentro de las instalaciones, la sustitución de aportaciones o la modificación de procesos (por ejemplo, el cambio de tecnologías o de las condiciones y modos de trabajo).
- Evaluar la adecuación de los vertidos de aguas residuales a la situación que corresponda: (i) vertido estándar (si se produce sobre aguas o alcantarillados superficiales), y (ii) normativa de calidad del agua para casos concretos de reutilización (por ejemplo, si el agua residual se reutiliza para fines de riego).

Asimismo, la generación y evacuación de aguas residuales de todo tipo deberá manejarse mediante una combinación de las siguientes prácticas:

- Eficiencia en la utilización del agua, para reducir el volumen de generación de aguas residuales
- Modificación de procesos, incluida la reducción de residuos, así como una disminución en el uso de sustancias peligrosas, con el fin de reducir la carga de contaminantes que precisan tratamiento
- En caso necesario, aplicación de técnicas de tratamiento de aguas residuales, para una mayor reducción de la carga de contaminantes, con antelación a la evacuación, teniendo en cuenta los impactos potenciales derivados del trasvase de contaminantes entre distintos medios (como por ejemplo, desde el agua al aire o a la tierra)

Cuando se requiere el tratamiento de aguas residuales antes de su evacuación, el nivel de tratamiento dependerá de las circunstancias siguientes:

- El destino de las aguas residuales, ya sea un sistema sanitario de alcantarillado o bien aguas superficiales
- Las normativas nacionales y locales respecto a los requerimientos de los permisos concedidos, así como sobre la capacidad del sistema de alcantarillado para el transporte y tratamiento de las aguas residuales, cuando el vertido se realiza a alcantarillados domésticos
- La capacidad de las aguas receptoras para la depuración de la carga de contaminantes proveniente de las aguas residuales, en caso de evacuación a aguas superficiales
- La finalidad prevista de la masa de agua receptora (por ejemplo, como fuente de agua potable, ocio, riego, navegación u otros)
- Presencia de receptores o hábitats sensibles (por ejemplo, especies en peligro de extinción)
- Aplicación de las prácticas recomendadas para la industria (GIIP) correspondientes a cada sector

## Calidad general de efluentes líquidos

### *Vertidos a aguas superficiales*

Los vertidos de aguas residuales procedentes de procesos, sistemas sanitarios y sistemas auxiliares o de aguas pluviales a aguas superficiales no deberán contener concentraciones de contaminantes superiores a los criterios locales referentes a la calidad del agua ambiente o, en ausencia de criterios locales, otras fuentes de datos sobre la calidad del agua ambiente.<sup>35</sup> El

<sup>35</sup> Un ejemplo de esto son los criterios recomendados sobre calidad del agua de la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU. (EPA) <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqcriteria.html>

uso de agua de recepción<sup>36</sup> y la capacidad de depuración<sup>37</sup>, además de otras fuentes de vertidos a aguas receptoras, también deberá influir en las cargas aceptables de aguas receptoras aceptables y en la calidad de los vertidos de efluentes. En el establecimiento de los niveles de rendimiento de efluentes de aguas residuales específicos de cada proyecto, también deberán incluirse las consideraciones siguientes:

- Las normas de tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos deberán estar en conformidad con las guías de medio ambiente, salud y seguridad de sectores industriales. Los proyectos que carezcan de guías para sectores concretos, deberán tomar como referencia las guías de calidad de efluentes de un sector industrial apropiado cuyos procesos y efluentes sean análogos;
- El cumplimiento de las normativas nacionales o locales relativas a vertidos de aguas residuales de sistemas sanitarios de alcantarillado o, en su defecto, de los valores indicativos de las guías aplicables a los vertidos de carácter doméstico recogidos en la Tabla 1.3.1., que aparece más adelante;
- La temperatura de las aguas residuales previa a su vertido no deberá superar los 3°C de temperatura ambiente en el límite de un área combinada determinada científicamente que, entre otras circunstancias, tomará en cuenta la calidad

<sup>36</sup> Ejemplos de los usos que pueden establecer las autoridades locales respecto a las aguas receptoras: agua potable (con determinado nivel de tratamiento), recreo, acuicultura, regadío, vida acuática en general, ornamental y navegación. Ejemplos de valores sanitarios de guías para aguas receptoras que incluyen guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para uso recreativo ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/index.html))

<sup>37</sup> La capacidad de depuración de las aguas receptoras depende de numerosos factores, entre los que se incluyen el volumen total de masa acuática, la tasa de flujo, la tasa de caudal de las aguas receptoras y la carga de contaminantes procedentes de otras fuentes de efluentes del área o la región. Puede que deba establecerse un valor de referencia estacional representativo, junto con métodos científicos y modelos matemáticos establecidos, con el fin de evaluar el impacto potencial de las aguas receptoras procedentes de una fuente de fuentes.

del agua ambiente, el uso de las aguas receptoras y la capacidad de depuración.

### *Vertidos a sistemas sanitarios de alcantarillado*

Las aguas residuales industriales, domésticas, o procedentes de actividades de servicios públicos o aguas pluviales vertidas a los sistemas de tratamiento tanto públicos como privados deberán adecuarse a las especificaciones siguientes:

- Cumplir los requisitos de tratamiento previo y control del sistema de alcantarillado en el que se efectúa el vertido.
- No interferir, de manera directa ni indirecta, con el funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas de recogida y tratamiento, ni representar riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores, como tampoco repercutir negativamente en las características de los residuos generados a partir de operaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Los vertidos deberán realizarse en sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales o centralizados, con capacidad para cumplir las normas establecidas en cuanto a las aguas residuales generadas en el proyecto. El tratamiento de aguas residuales con el fin de adecuarse a los requisitos legales con anterioridad al vertido del proyecto tendrá carácter obligatorio en los casos en que las aguas residuales receptoras de sistemas de tratamiento municipales o centralizados correspondientes al proyecto carezcan de la capacidad idónea para el cumplimiento de la normativa obligatoria.

### *Aplicación a suelos de efluentes tratados*

La calidad de las aguas residuales provenientes de procesos de tratamiento, aguas residuales originadas en las actividades de los sistemas auxiliares o las precipitaciones pluviales sobre la tierra, incluidos los humedales, deberán establecerse conforme a las

estipulaciones normativas locales. En los casos en que se utilice tierra como parte activa en el sistema de tratamiento y el receptor final consista en aguas superficiales, deberán aplicarse las guías de calidad del agua correspondientes al sector concreto de que se trate.<sup>38</sup> El impacto potencial en el terreno, en aguas subterráneas y en aguas superficiales, dentro del ámbito de la protección, conservación y sostenibilidad a largo plazo de los recursos de agua y tierra, deberá evaluarse en los casos en que se utilice tierra como parte activa de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

### Sistemas sépticos

Los sistemas sépticos se utilizan habitualmente para el tratamiento y evacuación de los sistemas sanitarios de alcantarillado doméstico, en aquellas áreas en que no existan redes de alcantarillado de recogida; los sistemas sépticos deberán utilizarse exclusivamente para el tratamiento de sistemas sanitarios de alcantarillado, y no son apropiados para el tratamiento de aguas residuales de tipo industrial. Los sistemas sépticos seleccionados como método de tratamiento y evacuación de aguas residuales ofrecen las características siguientes:

- Su diseño e instalación correctos deberá realizarse en conformidad con las normativas locales y las guías destinadas a la prevención de riesgos contra la salud pública, y la contaminación de tierras, y aguas superficiales o subterráneas.
- Deberán someterse a un mantenimiento óptimo que permita su funcionamiento efectivo.

- Habrán de instalarse en zonas con la suficiente percolación del terreno respecto a la tasa de carga de aguas residuales prevista.
- Deberán instalarse en zonas de suelos estables prácticamente nivelados, con buen drenaje y permeables, donde exista la suficiente separación entre el área de drenaje y la tabla de aguas subterráneas u otras aguas receptoras.

### Manejo de aguas residuales

El manejo de aguas residuales incluye la conservación del agua, el tratamiento de aguas residuales, el manejo de aguas pluviales, así como el control de la calidad de las aguas, residuales y no residuales.

### Aguas residuales industriales

#### Aguas residuales industriales

Las aguas residuales generadas a partir de actividades industriales incluyen las originadas en procesos, las provenientes de actividades de los sistemas auxiliares, la evacuación de procesos, áreas de procesos y almacenamiento temporal de materiales, además de otras actividades, como las de operaciones de laboratorios, talleres de mantenimiento de equipos, etc. Los contaminantes de las aguas residuales industriales pueden incluir ácidos o bases (indicadas por un pH bajo o alto), sustancias químicas orgánicas que causan la destrucción del oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, nutrientes, (fósforo, nitrógeno), metales pesados (por ejemplo, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc), productos químicos orgánicos, materiales oleaginosos y materiales volátiles, así como las características térmicas del vertido (por ejemplo, un exceso de temperatura). La transferencia de contaminantes a otra fase

<sup>38</sup> Existe información adicional sobre las consideraciones de la calidad del agua para la aplicación a suelos, disponible en las guías de la OMS sobre la seguridad del uso de aguas residuales y excretas. Volumen 2: Uso de Aguas Residuales en Agricultura  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/gsuweg2/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg2/en/index.html)



distinta, como el aire, la tierra o el subsuelo, deberá minimizarse mediante controles de ingeniería y procesos.

**Aguas residuales de procesos:** en el Anexo 1.3.1 se resumen algunos ejemplos de los enfoques de tratamiento empleados habitualmente en el tratamiento de vertidos industriales. Aunque la opción de la tecnología de tratamiento viene determinada por las características del agua residual de que se trate, el verdadero rendimiento de esta tecnología dependerá en gran medida de la idoneidad de su diseño, de la selección de los equipos, además del funcionamiento y de las instalaciones de la planta. Para el funcionamiento y mantenimiento correctos de una planta de tratamiento se requieren los recursos correspondientes, y el rendimiento dependerá enormemente de las habilidades técnicas y del grado de formación profesional del personal encargado. Se pueden aplicar una o varias tecnologías de tratamiento para lograr la calidad de vertidos deseada, y asegurar el cumplimiento de las normativas obligatorias. El diseño y funcionamiento de las tecnologías seleccionadas para el tratamiento de aguas residuales deberá evitar las emisiones descontroladas al aire de sustancias químicas volátiles procedentes de aguas residuales. La eliminación de los residuos generados a partir de operaciones de tratamiento de aguas residuales industriales deberá realizarse de conformidad con los principios normativos locales y, en su ausencia, deberán ajustarse a las normas de protección de la salud y seguridad públicas, así como a los principios de conservación y sostenibilidad a largo plazo de los recursos acuáticos y terrestres.

**Aguas residuales de la actividad de los sistemas auxiliares:** las actividades de los sistemas auxiliares, como torres de refrigeración y sistemas de desmineralización pueden generar tasas altas de consumo de agua, así como la evacuación potencial de agua a altas temperaturas conteniendo sólidos altamente disueltos, residuos de biocidas, residuos de otros agentes anticorrosivos de sistemas de refrigeración, etc. Las

estrategias de manejo de agua recomendadas para las actividades de los sistemas auxiliares son las siguientes:

- Aplicación de las opciones de conservación de agua para sistemas de refrigeración en instalaciones, según se indica en el apartado siguiente titulado Conservación del agua;
- Uso de método de recuperación de calor (además de mejoras de consumo energético), o bien otros métodos de refrigeración, destinados a reducir la temperatura del agua con antelación a su vertido, para asegurarse de que la temperatura del agua vertida no supere los 3°C de la temperatura ambiente al límite;
- Disminución del uso de productos químicos anticorrosivos y antiincrustantes, para garantizar que la entrada del caudal de agua es la idónea, y el uso de pantallas. Deberán utilizarse alternativas menos peligrosas en lo que respecta al potencial de toxicidad, biodegradabilidad, biodisponibilidad y bioacumulación. Las dosis aplicadas deberán ajustarse a las leyes locales y recomendaciones de los fabricantes;
- Deberán realizarse pruebas de biocidas en residuos y otros productos contaminantes para determinar la necesidad de los ajustes de dosificación o bien de tratamiento de aguas de refrigeración, antes de su vertido.

**Manejo de aguas pluviales:** las precipitaciones pluviales incluyen las evacuaciones y flujos resultantes de lluvias, drenajes u otras fuentes. Las evacuaciones habituales de aguas de lluvia contienen sedimentos suspendidos, metales, hidrocarburos del petróleo, hidrocarburos aromáticos policíclicos, bacterias coliformes, etc. La evacuación rápida, incluso de aguas pluviales no contaminadas, también degrada la calidad de las aguas receptoras, a través de lechos y bancales erosionados por los

flujos. Con el objeto de reducir la necesidad de tratamiento de las aguas pluviales, deberán aplicarse los siguientes principios:

- Las aguas pluviales deberán separarse de las procedentes de procesos y sistemas sanitarios de alcantarillado, con el fin de reducir el volumen de agua residual que debe someterse a tratamiento con anterioridad al vertido
- Deberán evitarse las evacuaciones a superficie procedentes de zonas de procesos o de potenciales orígenes de contaminación
- En aquellos casos en que no se pueda aplicar este enfoque, las evacuaciones de procesos y áreas de almacenamiento deberán segregarse de los vertidos menos contaminados potencialmente
- Deberán minimizarse las evacuaciones procedentes de zonas sin fuentes potenciales de contaminación (por ejemplo, mediante la disminución del área de superficies impermeables) y deberá reducirse el valor máximo de la tasa de vertido (por ejemplo, mediante la utilización de pozos de retención);
- En los casos en que se considere necesario el tratamiento de aguas pluviales con el objeto de proteger la calidad de las masas de agua receptoras, deberá concederse prioridad al manejo y tratamiento de la primera corriente de una evacuación de agua pluvial, que es donde tienden a estar presentes la mayoría de los contaminantes potenciales;
- Cuando lo permitan los criterios de calidad del agua, las aguas pluviales deberán manejarse como un recurso, bien para la recarga de aguas subterráneas, bien para satisfacer las necesidades de agua en las instalaciones;
- Los separadores de aceite y agua y los filtros de grasas deberán instalarse y mantenerse como corresponda en las instalaciones de recarga de combustible, plantas de fabricación, zonas de aparcamiento, áreas de almacenaje y contención de combustible.

- Los sedimentos procedentes de captaciones de aguas pluviales, así como los sistemas de recogida y tratamiento, pueden contener niveles elevados de contaminantes, que habrán de ser eliminados, de conformidad con las normativas locales y, de no existir, la eliminación deberá ajustarse a las normas de protección de la salud y seguridad públicas, así como a los principios de conservación y sostenimiento a largo plazo de los recursos acuáticos y terrestres.

### *Aguas residuales sanitarias*

El agua residual sanitaria de las instalaciones industriales puede incluir efluentes procedentes de las aguas residuales domésticas, el servicio de comidas y la lavandería puestos a disposición de los empleados del lugar. Las diversas aguas residuales procedentes de laboratorios, hospitales médicos, ablandamiento de agua, etc., puede verterse también en el sistema de tratamiento de aguas residuales sanitarias. Las estrategias recomendadas para el manejo de aguas residuales sanitarias incluyen:

- Segregación de corrientes de aguas residuales con el fin de asegurar la compatibilidad con los tratamientos seleccionados (por ejemplo, un sistema séptico que sólo acepte aguas residuales domésticas);
- Segregación y tratamiento previo del aceite y la grasa de los efluentes (por ejemplo, utilización de un filtro de grasas) previos a su vertido en los sistemas de alcantarillado;
- En el caso de que las aguas residuales de instalaciones industriales se viertan en aguas superficiales, aplicar un tratamiento que cumpla las normas nacionales y locales de vertido de aguas residuales sanitarias o, de no ser así, seguir la guía indicativa de valores aplicable a los vertidos de aguas residuales sanitarias que se muestra en la Tabla 1.3.1;

- En el caso de que las aguas residuales de instalaciones industriales se viertan en un sistema séptico o allí donde los suelos se utilicen como parte del sistema de tratamiento, es necesario que éste cumpla las normas nacionales y locales sobre vertido de aguas residuales sanitarias.
- El lodo procedente de los sistemas de tratamiento de aguas residuales sanitarias deberá recogerse conforme a los requisitos reglamentarios locales. De no ser así, la eliminación de desechos tiene que ser consecuente con la protección de la seguridad y salud pública, y con la conservación y sostenibilidad a largo plazo de los recursos del agua y de los suelos.

cloroformo generado por las actividades de cloración y otros compuestos volátiles orgánicos (COV) procedentes de las aguas residuales industriales), los productos químicos gaseosos o volátiles empleados en los procesos de desinfección (por ejemplo el cloro y el amoníaco), y los bioaerosoles. Los olores procedentes de las instalaciones de tratamiento también pueden resultar molestos para los trabajadores y las comunidades próximas. En las secciones sobre aire y calidad del aire ambiente, y en las Guías sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad para Agua y Saneamiento del presente documento se exponen una serie de recomendaciones para el manejo de las emisiones.

Tabla 1.3.1 Valores indicativos para la eliminación de aguas residuales tratadas<sup>a</sup>

| Contaminantes  | Unidades                  | Valor guía       |
|--|---------------------------|------------------|
| pH   | pH                        | 6 – 9            |
| DBO  | mg/l                      | 30               |
| COD  | mg/l                      | 125              |
| Nitrógeno total  | mg/l                      | 10               |
| Fósforo total  | mg/l                      | 2                |
| Aceite y grasa   | mg/l                      | 10               |
| Sólidos suspendidos totales  | mg/l                      | 50               |
| Coliformes totales   | MPN <sup>b</sup> / 100 ml | 400 <sup>a</sup> |
| Notas:<br><sup>a</sup> No es aplicable a los sistemas de tratamiento de aguas residuales centralizados y municipales que se incluyen en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para agua y saneamiento.<br><sup>b</sup> NMP = Número más probable |                           |                  |

### *Emisiones procedentes de las operaciones de tratamiento de aguas residuales*

Las emisiones de aire provenientes de las operaciones de tratamiento de aguas residuales pueden incluir el sulfuro de hidrógeno, el metano, el ozono (en el caso de desinfección del ozono), los compuestos orgánicos volátiles (por ejemplo el

### *Residuos procedentes de operaciones de tratamiento de aguas residuales*

Es preciso evaluar en cada caso particular el lodo procedente de una planta de tratamiento de residuos para determinar si constituye o no un residuo peligroso y manejarlo según se describe en la sección sobre manejo de residuos del presente documento.

### *Cuestiones sobre higiene y seguridad ocupacional en operaciones de tratamiento de aguas residuales*

Los operarios de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales pueden estar expuestos a peligros físicos, químicos y biológicos según el diseño de la instalación y el tipo de efluentes de aguas residuales que se manejen. Estos peligros incluyen posibles tropiezos y caídas en los depósitos, el acceso a espacios cerrados durante las operaciones de mantenimiento y la inhalación de COV, bioaerosoles y metano, el contacto con patógenos y vectores, y el uso de productos químicos potencialmente peligrosos, como el cloro, el hipoclorito de sodio y de calcio y el amoníaco. El presente documento incluye una sección en la que se exponen detalladamente las

recomendaciones para el manejo de cuestiones sobre higiene y seguridad ocupacional. Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad y la sección sobre agua y saneamiento proporcionan recomendaciones adicionales específicas para los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

## Seguimiento

Deberá desarrollarse e implementarse un programa de seguimiento de aguas residuales y de calidad del agua con los recursos y la supervisión adecuados a fin de cumplir los objetivos del programa de seguimiento. El programa de seguimiento de aguas residuales y de calidad del agua deberá tener en cuenta los siguientes elementos:

- *Frecuencia y tipo de seguimiento:* el seguimiento de las aguas residuales deberá considerar las características de los procesos de vertido a lo largo del tiempo. El seguimiento de los vertidos en procesos con fabricación por lotes o variaciones estacionales de proceso deberá tener en cuenta las variaciones de éstos en función del tiempo, por lo que resulta más complejo que el seguimiento de vertidos continuos. Posiblemente sea necesario tomar con mayor frecuencia muestras de los efluentes de procesos altamente variables con mayor frecuencia o a través de métodos compuestos. Las muestras puntuales o las muestras compuestas, si el equipo automatizado lo permite, pueden ofrecer una percepción mayor de las concentraciones medias de contaminantes en un periodo de 24 horas. Es posible que los muestreadores de compuestos no sean apropiados en los casos en los que existen analitos de interés de vida corta (por ejemplo, de degradación rápida o volátil).
- *Ubicaciones del seguimiento:* la ubicación del seguimiento deberá seleccionarse con el objetivo de proporcionar unos

datos de seguimiento representativos. Las estaciones de muestreo de efluentes pueden estar ubicadas en el vertido final, así como en puntos estratégicos de la corriente previos a la confluencia de distintos vertidos. Los vertidos del proceso no deben diluirse ni antes ni después del tratamiento a fin de cumplir las normas sobre calidad del agua ambiente y de las aguas residuales.

- *Calidad de los datos:* los programas de seguimiento deberán aplicar métodos de recogida de muestras, de preservación y análisis aprobados internacionalmente. El muestreo deberá llevarse a cabo bajo la supervisión de personal cualificado. El análisis deberán realizarlo entidades con permiso y certificación para tal fin. Deberán elaborarse e implementarse planes de garantías de calidad/aseguramiento de calidad del análisis y el muestreo. La documentación relativa a estas cuestiones deberá incluirse en los informes de seguimiento.

**Anexo 1.3.1 – Ejemplos de enfoques de tratamiento de aguas residuales industriales**

| Contaminante/Parámetro                        | Opciones/Principio de control   | Tecnología de control de tubo terminal   |
|---|---|--|
| pH  | Químico, ecualización   | Adición de ácido/base, ecualización de flujo   |
| Aceite y grasa / TPH                          | Separación de fase  | Flotación por aire disuelto, separador agua/aceite, filtro de grasas   |
| TSS - Sedimentable                            | Sedimentación, exclusión por tamaño   | Cuenca de sedimentación, clarificador, centrifugadora, cribas  |
| TSS – No Sedimentable                         | Flotación, filtración tradicional y tangencial                                      | Flotación por aire disuelto, filtro multimedia, filtro de arena, filtro textil, ultrafiltración, microfiltración   |
| Alto - BOD (> 2 Kg/m <sup>3</sup> )           | Biológico – anaeróbico  | Crecimiento suspendido, crecimiento adherido, híbrido  |
| Bajo - BOD (< 2 Kg/m <sup>3</sup> )           | Biológico – aeróbico, facultativo   | Crecimiento suspendido, crecimiento adherido, híbrido  |
| DQO – No biodegradable                        | Oxidación, adsorción, exclusión por tamaño  | Oxidación química, oxidación térmica, carbón activado, membranas   |
| Metales – en partículas y soluble             | Coagulación, floculación, precipitación, exclusión por tamaño                       | Ignición combinada con sedimentación, filtración tradicional y tangencial  |
| Inorgánicos/No metales                        | Coagulación, floculación, precipitación, exclusión por tamaño, oxidación, adsorción | Ignición combinada con sedimentación, filtración tradicional y tangencial, oxidación química, oxidación térmica, carbón activado, ósmosis inversa, evaporación |
| Orgánicos - COV y COSV                        | Biológico - aeróbico, anaeróbico, facultativo; adsorción, oxidación                 | Biológica: crecimiento suspendido, crecimiento adherido, híbrido; oxidación química, oxidación térmica, carbón activado  |
| Emisiones – Olores y COV                      | Captura – activa o pasiva; biológico, adsorción, oxidación                          | Biológica: crecimiento adherido; oxidación química, oxidación térmica, carbón activado   |
| Nutrientes                                    | Eliminación biológica de nutrientes, químico, físico, adsorción                     | Tratamiento biológico aeróbico/anóxico, hidrólisis química y arrastre con aire, cloración, intercambio iónico  |
| Color   | Biológico - aeróbico, anaeróbico, facultativo; adsorción, oxidación                 | Biológico aeróbico, oxidación química, carbón activado   |
| Temperatura                                   | Enfriamiento por evaporación de agua  | Aireadores de superficie, ecualización de flujo  |
| TDS   | Concentración, exclusión por tamaño   | Evaporación, cristalización, ósmosis inversa   |
| Ingredientes activos/Contaminantes emergentes | Adsorción, oxidación, exclusión por tamaño, concentración                           | Oxidación química, oxidación térmica, carbón activado, intercambio iónico, ósmosis inversa, evaporación, cristalización  |
| Radionúclidos                                 | Adsorción, exclusión por tamaño, concentración                                      | Intercambio iónico, ósmosis inversa, evaporación, cristalización   |
| Patógenos                                     | Desinfección, esterilización  | Cloro, ozono, peróxido, UV, térmica  |
| Toxicidad                                     | Adsorción, oxidación, exclusión por tamaño, concentración                           | Oxidación química, oxidación térmica, carbón activado, evaporación, cristalización, ósmosis inversa  |

## 1.4 Conservación del agua

|  |    |
|--|----|
| Aplicabilidad y enfoque.....   | 20 |
| Programas de manejo de energía .....   | 20 |
| Eficiencia energética.....   | 21 |
| Calentamiento del proceso .....  | 21 |
| Reducción de la carga de calentamiento.....  | 21 |
| Sistemas de distribución de calor .....  | 22 |
| Mejoras de la eficiencia del sistema de conversión de energía.....                                       | 23 |
| Refrigeración del proceso.....   | 23 |
| Reducción de carga .....   | 23 |
| Conversión de energía.....   | 24 |
| Compresión eficiente del refrigerante .....  | 27 |
| Mecanismos auxiliares del sistema de refrigeración .....   | 27 |
| Sistemas de aire comprimido .....  | 27 |
| Reducción de carga .....   | 28 |
| Distribución .....   | 28 |
| Aplicabilidad y enfoque.....   | 29 |
| Calidad general de efluentes líquidos.....   | 30 |
| Vertidos a aguas superficiales .....   | 30 |
| Vertidos a sistemas sanitarios de alcantarillado .....   | 31 |
| Aplicación a suelos de efluentes tratados.....   | 31 |
| Sistemas sépticos .....  | 32 |
| Manejo de aguas residuales .....   | 32 |
| Aguas residuales industriales .....  | 32 |
| Aguas residuales industriales .....  | 32 |
| Aguas residuales sanitarias .....  | 34 |
| Emisiones procedentes de las operaciones de tratamiento de aguas residuales.....                         | 35 |
| Residuos procedentes de operaciones de tratamiento de aguas residuales.....                              | 35 |
| Cuestiones sobre higiene y seguridad ocupacional en operaciones de tratamiento de aguas residuales ..... | 35 |
| Seguimiento.....   | 36 |
| Aplicabilidad y enfoque.....   | 38 |
| Seguimiento y manejo del consumo de agua.....  | 38 |
| Reutilización y reciclado del agua en los procesos .....   | 39 |
| Actuaciones en el recinto de las instalaciones .....   | 40 |
| Sistemas de refrigeración .....  | 40 |
| Sistemas de calefacción .....  | 40 |

### Aplicabilidad y enfoque

Los programas para ahorro de agua han de implementarse en proporción a la cantidad de agua que se utiliza y a su

coste. Estos programas deberán promover una reducción continuada del consumo de agua y conseguir economizar el bombeo de agua y los costes de tratamiento y eliminación. Entre las medidas aplicables en este sentido se incluyen técnicas de seguimiento y manejo del agua; reciclado del agua empleada en los procesos y del agua de refrigeración y calefacción, reutilización y otras técnicas; y técnicas de conservación del agua sanitaria.

Algunas recomendaciones de carácter general son:

- Recogida y utilización de las aguas pluviales
- Planificación de técnicas que eviten vertidos / Inclusión en los procesos de diseño de proyectos del uso de aguas residuales tratadas
- Utilización de sistemas localizados de recirculación en plantas / instalaciones / comercios (en vez de sistemas centralizados de recirculación), únicamente para el suministro de agua de relleno
- Utilización de tecnologías de procesos en seco, como el apagado en seco
- Manejo de la presión de las conducciones de agua empleada en los procesos
- Diseño de los proyectos dirigido a la aplicación de medidas para una idónea captación de agua y un adecuado sistema de control de vertidos y fugas

### Seguimiento y manejo del consumo de agua

Los elementos fundamentales del programa de manejo del agua suponen una serie de actuaciones:

- Identificación, medición periódica y registro de los principales flujos dentro de una instalación;

- Definición y revisión periódica de los objetivos de rendimiento, ajustados para contabilizar los cambios en los factores básicos que afectan al consumo del agua (por ejemplo, el índice de producción industrial);
- Comparación regular de los flujos de agua con los objetivos de rendimiento que identifiquen los lugares en los que es necesario aplicar medidas de reducción del consumo de agua.

Las mediciones del agua deben ser más exhaustivas en las áreas de mayor consumo. El examen de los datos de medición permite detectar usos “no contabilizados”, que indican la existencia de importantes fugas en instalaciones industriales.

### Reutilización y reciclado del agua en los procesos

Las oportunidades de ahorro de agua en los procesos industriales dependen en gran medida de la industria de que se trate. No obstante, las técnicas que se muestran a continuación han sido utilizadas con éxito y deberán tenerse en cuenta conjuntamente con el desarrollo del sistema de medición descrito anteriormente.

- *Lavadoras:* Muchas lavadoras emplean grandes cantidades de agua caliente, que pueden incrementarse aún más si el tamaño de la boquilla aumenta a causa de continuos procesos de lavado o por desgaste. Es conveniente controlar el uso del agua de la máquina, comparándolo con el indicado en las especificaciones, sustituyendo las boquillas cuando los niveles de uso del agua y del calor garanticen su funcionamiento.
- *Reutilización del agua:* Las aplicaciones de la reutilización del agua corriente incluyen una limpieza contracorriente, por ejemplo en los procesos de aclarado y de lavado en varias fases, o en la reutilización de aguas residuales de un proceso para otros procesos que no precisen tanta cantidad de agua. Por ejemplo, utilizar el agua de aclarado del blanqueo para el lavado de tejidos, o el agua de aclarado del lavador de botellas para lavar cajas de botellas o incluso para fregar el suelo. En ocasiones, también resultan prácticos otros proyectos más sofisticados de reutilización que requieren un tratamiento del agua previo a su reutilización.
- *Chorro de agua/agua pulverizada:* Si en los procesos se emplean chorros de agua o agua pulverizada (por ejemplo, para mantener limpios los transportadores o para enfriar el producto), revisar la precisión del sistema de pulverización para prevenir pérdidas de agua innecesarias.
- *Optimización del control de flujo:* En ocasiones, en los procesos industriales es necesario el uso de depósitos que se rellenan para controlar las pérdidas. Normalmente se puede reducir la tasa de suministro de agua de dichos depósitos y, a veces, se pueden disminuir los niveles del depósito para disminuir las fugas. Si en el proceso se utilizan sistemas de refrigeración del agua por pulverización, se podría reducir el flujo manteniendo el rendimiento del sistema de refrigeración. El equilibrio óptimo puede determinarse por medio de pruebas
  - Si se emplean mangueras para la limpieza, utilizar controles de flujo para limitar el desperdicio de agua
  - Considerar el uso de sistemas de limpieza de alta presión y bajo volumen en lugar de utilizar mangueras de riego
  - Emplear reguladores de flujo o interruptores de fin de carrera para controlar el uso del agua
  - Aplicar técnicas de limpieza sin uso de mangueras

## Actuaciones en el recinto de las instalaciones

Por lo general, el consumo de agua sanitaria y de obra es menor al de los procesos industriales. No obstante, es fácil adoptar medidas de ahorro como las siguientes:

- Comparar el uso diario de agua por trabajador con los índices de referencia actuales, teniendo en cuenta el uso primario en el recinto, tanto si se trata de un uso sanitario o se extiende a otras actividades, tales como el aseo personal o el servicio de comidas
- Mantener en buen estado las cañerías y detectar y reparar posibles fugas
- Cortar el suministro de agua en las zonas en las que no se esté utilizando
- Instalar grifos y válvulas de cierre automático, boquillas pulverizadoras, válvulas reductoras de presión, dispositivos de ahorro de agua (por ejemplo, cabezales de ducha, grifos, inodoros y urinarios de bajo caudal, y grifos provistos de temporizador y sensores)
- Utilizar el lavavajillas y la lavadora a plena carga y sólo cuando sea necesario
- Instalar en los lavabos dispositivos de ahorro de agua, como por ejemplo inodoros de bajo caudal

## Sistemas de refrigeración

Las medidas para conservación del agua en los sistemas de refrigeración incluyen:

- Uso de sistemas de refrigeración en circuito cerrado con torres de refrigeración en lugar de sistemas de refrigeración en circuito abierto
- Limitación del agua de purga de la torre de refrigeración o el condensador al mínimo necesario

para prevenir la acumulación no intencionada de sólidos disueltos

- Uso de refrigeración por aire en lugar de la refrigeración por evaporación, pese a que podría incrementar el uso de electricidad en el sistema de refrigeración
- Uso de agua residual tratada en las torres de refrigeración
- Reutilización / reciclado del agua de purga de la torre de refrigeración

## Sistemas de calefacción

Los sistemas de calefacción basados en la circulación de agua caliente a baja o media presión (que no consumen agua) deben permanecer cerrados. En caso de que consuman agua, el mantenimiento regular deberá fundamentarse en la localización de posibles fugas. No obstante, los sistemas de vapor pueden llegar a utilizar grandes cantidades de agua que pueden reducirse aplicando las siguientes medidas:

- Reparar las fugas de vapor y de condensado, así como todos los purgadores de agua en mal estado
- Devolver el condensado al edificio de la caldera y, siempre que el proceso lo permita, utilizar intercambiadores de calor (con sistemas de retorno del condensado) en lugar de inyección directa de vapor
- Recuperar el vapor de expansión instantánea
- Reducir al mínimo el agua de purga de la caldera, de modo que sea la adecuada para que la cantidad de sólidos disueltos en el agua de la caldera se mantenga en un nivel suficientemente bajo. El empleo del tratamiento de ósmosis inversa en el agua de alimentación de la caldera reduce considerablemente la necesidad de purgarla



- Minimizar el calentamiento del desaireador

## 1.5 Manejo de materiales peligrosos

|  |    |
|--|----|
| Aplicabilidad y enfoque.....                         | 42 |
| Manejo de materiales peligrosos generales .....      | 43 |
| Evaluación de los peligros .....                     | 43 |
| Actuaciones de manejo.....                           | 44 |
| Planificación, control y prevención de escapes ..... | 44 |
| Higiene y seguridad ocupacional.....                 | 45 |
| Documentación y conocimientos del proceso .....      | 45 |
| Medidas preventivas .....                            | 46 |
| Transporte de materiales peligrosos .....            | 46 |
| Protección anti-desbordamiento .....                 | 46 |
| Prevención de explosiones, incendios y reacciones    | 46 |
| 46   |    |
| Medidas de control.....                              | 47 |
| Contención secundaria (Líquidos).....                | 47 |
| Detección de fugas en los conductos y tanques de     |    |
| almacenamiento .....                                 | 48 |
| Tanques de almacenamiento subterráneo .....          | 48 |
| Manejo de los peligros graves .....                  | 49 |
| Actuaciones de manejo.....                           | 49 |
| Medidas preventivas .....                            | 51 |
| Preparación y respuesta ante emergencias .....       | 52 |
| Concienciación y participación de la comunidad ..... | 52 |

### Aplicabilidad y enfoque

Estas guías se aplican a los proyectos que utilizan, almacenan y manejan cualquier cantidad de materiales peligrosos, entendiéndose como tales, los materiales que representan riesgos para la salud de los seres humanos, los bienes o el medio ambiente debido a sus características físicas o químicas. Los materiales peligrosos se pueden clasificar de conformidad con el tipo de peligro, como por ejemplo, explosivos; gases comprimidos, incluidos los gases tóxicos o inflamables; líquidos inflamables; sólidos inflamables; material radioactivo; y sustancias corrosivas. La Sección 3 del presente documento incluye orientaciones sobre el transporte de materiales peligrosos.

Cuando un material peligroso no se puede utilizar para su objeto original y se decide eliminarlo, pero sigue conservando sus propiedades de material peligroso, se le considera un *residuo peligroso* (véase la Sección 1.4).

Estas guías están elaboradas para que se apliquen junto con los programas tradicionales de preparación contra emergencias y de higiene y seguridad ocupacional que se incluyen en la Sección 2.0 sobre el manejo de la higiene y seguridad ocupacional y la Sección 3.7 sobre preparación y respuesta ante emergencias. En la sección 3.5 se incluyen orientaciones relativas al transporte de materiales peligrosos.

Esta sección se divide en dos subsecciones principales:

*Manejo de materiales peligrosos generales:* Se trata de unas guías aplicables a todos los proyectos que guardan relación con la manipulación o almacenamiento de cualquier cantidad de materiales peligrosos.

*Manejo de peligros graves:* Se trata de unas guías adicionales para los proyectos o instalaciones que guardan relación con el almacenamiento o la manipulación de materiales peligrosos dentro de las cantidades máximas admisibles o por encima de dichas cantidades<sup>39</sup>, y que, por lo tanto, requieren un tratamiento especial para prevenir accidentes tales como el fuego, las explosiones, fugas o vertidos, y para la preparación y respuesta ante las situaciones de emergencia.

<sup>39</sup> Por ejemplo, las cantidades máximas admisibles son las establecidas a efectos de planificación de emergencias, tales como las previstas en la US Environmental Protection Agency (Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos). *Protection of Environment* (Las cantidades máximas admisibles aparecen recogidas en la US Environmental Protection Agency. *Protection of Environment* (Title 40 CFR Parts 68, 112, and 355).

El objetivo general del manejo de materiales peligrosos consiste en evitar o, en caso de no ser posible, minimizar los escapes no controlados de materiales peligrosos o los accidentes (incluido las explosiones y el fuego) durante la producción, manipulación, almacenamiento y utilización de dichos materiales. Este objetivo se puede conseguir mediante la adopción de las medidas que se detallan a continuación:

- Establecimiento de prioridades de manejo de materiales peligrosos basadas en los análisis del peligro en las operaciones que conllevan riesgo e identificadas a través de la evaluación social y ambiental;
- Cuando sea posible, se hará todo lo necesario para evitar o minimizar la utilización de materiales peligrosos. Por ejemplo, se han descubierto materiales no peligrosos para sustituir el amianto entre los materiales de construcción, los policlorobifenilos en los equipos eléctricos, los contaminantes orgánicos persistentes (POP, por sus siglas en inglés) en la formulación de plaguicidas y las sustancias que disminuyen la capa de ozono en los sistemas de refrigeración;
- Evitar los escapes no controlados de materiales peligrosos al medio ambiente o las reacciones no controladas que pudieran derivar en incendios o explosiones;
- Utilización de controles mecánicos (contención, alarmas automáticas y sistemas de parada automática) en función de la naturaleza del peligro;
- Implementación de controles de manejo (procedimientos, inspecciones, comunicaciones, formación y prácticas) para tratar los riesgos residuales que no hayan podido evitarse o que no se hayan podido controlar a través de la implementación de controles mecánicos.

## Manejo de materiales peligrosos generales

Los proyectos que guardan relación con la fabricación, manipulación, utilización o almacenamiento de materiales peligrosos deberán establecer programas de manejo acordes con los riesgos potenciales presentes. Los principales objetivos asociados a los materiales peligrosos deberán centrarse en la protección de los trabajadores y en la prevención y control de los escapes y accidentes. Estos objetivos deberán ser abordados mediante la incorporación de medidas de prevención y control, actuaciones de manejo y procedimientos a las actividades empresariales cotidianas. Entre los elementos potencialmente aplicables de un programa de manejo se incluyen los siguientes:

### Evaluación de los peligros

El nivel de riesgo se deberá evaluar a través de un proceso de evaluación continua basado en lo siguiente:

- Los tipos y cantidades de materiales peligrosos presentes en el proyecto. Esta información deberá ser registrada e incluir una tabla resumen que contenga la siguiente información:
  - Nombre y descripción (por ejemplo, la composición de una mezcla) del material peligroso
  - Clasificación (por ejemplo, código, clase o división) del material peligroso
  - La cantidad máxima admisible o el equivalente nacional<sup>40</sup> del material peligroso establecido por los organismos reguladores internacionalmente aceptados
  - Cantidad utilizada al mes del material peligroso
  - Características que hacen que el material peligroso sea considerado como tal (por ejemplo, inflamabilidad, toxicidad)

<sup>40</sup> Las cantidades máximas admisibles se facilitan en la US Environmental Protection Agency. *Protection of Environment* (Title 40 CFR Parts 68, 112, and 355).

- Estudio de los posibles escenarios de vertidos y escapes utilizando las estadísticas disponibles en la industria sobre vertidos y accidentes, en caso de que existan
- Estudio de la posibilidad de que se produzcan reacciones no controladas como incendios y explosiones
- Estudio de las posibles consecuencias en función de las características físicas y geográficas del emplazamiento del proyecto, incluido los aspectos relacionados con su distancia a las regiones pobladas, los recursos hídricos y otras zonas sensibles desde un punto de vista ambiental

La evaluación de los peligros deberá ser llevada a cabo por profesionales especializados que utilicen metodologías aceptadas internacionalmente tales como los análisis de riesgos y operabilidad (HAZOP), los análisis de los modos y efectos de los fallos (FMEA), y los estudios de identificación de riesgos (HAZID).

### *Actuaciones de manejo*

Las actuaciones de manejo que se deberán incluir en un plan de manejo de materiales peligrosos deberán basarse en el nivel de los riesgos potenciales asociados a la producción, manipulación, almacenamiento y utilización de materiales peligrosos.

### **Planificación, control y prevención de escapes**

Cuando exista riesgo de que se produzca un vertido no controlado de materiales peligrosos, las instalaciones deberán preparar un plan de contramedidas, prevención y control de vertidos como componente específico de su Plan de preparación y respuesta ante Emergencias (descrito con más detalle en la Sección 3.7). El plan deberá ajustarse a los peligros asociados al proyecto e incluirá lo siguiente:

- Formación de operadores en materia de prevención de escapes, incluido prácticas específicas con materiales

peligrosos como parte de la formación en materia de preparación y respuesta ante emergencias

- Implementación de programas de inspección para mantener la integridad mecánica y la operabilidad de los recipientes de presión, tanques, sistemas de conductos, sistemas de válvulas de ventilación y descarga, infraestructura de contención, sistemas automáticos de parada de emergencia, controles y bombas y equipos de proceso asociados
- Preparación de los procedimientos estándar de operación (SOP) por escrito para llenar los UST, los depósitos de almacenamiento en superficie (AST) u otros contenedores o equipos, así como para las operaciones de transporte por parte del personal formado en transporte y llenado seguro de materiales peligrosos, y en respuesta y prevención de vertidos
- SOP para el manejo de estructuras de contención secundaria, concretamente la eliminación de fluidos acumulados, tales como las aguas pluviales, para garantizar que no se actúe intencionadamente o accidentalmente en contra del objeto para el que se ha creado el sistema
- Identificación de las ubicaciones de materiales peligrosos y actividades asociadas en un mapa de situación del plan de emergencia
- Documentación de la disponibilidad de equipos de protección personal específicos y de la formación necesaria para responder frente a una emergencia
- Documentación de la disponibilidad del equipo de respuesta frente a vertidos suficiente para manipular, como mínimo, las etapas iniciales de un vertido y un listado de los recursos externos de equipos y personal, en caso necesario, para complementar los recursos internos
- Descripción de las medidas de actuación en caso de vertidos, escapes u otras emergencias químicas, entre ellas:
  - Procedimientos de notificación externa e interna
  - Responsabilidades específicas de personas o grupos

- Proceso de decisión para evaluar la gravedad del escape y determinar las medidas apropiadas que se deberán seguir
- Rutas de evacuación de las instalaciones
- Las actividades posteriores a operaciones como limpieza y eliminación, investigación de incidentes, el reingreso de los trabajadores y restablecimiento de los equipos de respuesta ante los vertidos.

### Higiene y seguridad ocupacional

El plan de manejo de materiales peligrosos deberá abordar los elementos esenciales aplicables relacionados con la higiene y seguridad ocupacional descritos en la Sección 2.0 sobre Higiene y seguridad ocupacional, entre ellos:

- Un análisis de seguridad ocupacional para identificar los posibles peligros específicos que se puedan presentar y estudios sobre higiene industrial, cuando corresponda, para controlar y comprobar los niveles de exposición a riesgos químicos y compararlos con las normas aplicables en materia de exposición a riesgos ocupacionales<sup>41</sup>
- Programas de formación e información sobre los peligros para preparar a los trabajadores para que puedan reconocer y responder ante los peligros químicos ocupacionales. Estos programas deberán incluir aspectos relacionados con la identificación de los peligros, el funcionamiento seguro y los procedimientos de manipulación de materiales, prácticas de trabajo seguro, procedimientos básicos para las situaciones de emergencia y los peligros especiales propios de sus

<sup>41</sup> Incluido: Threshold Limit Value (TLV®) occupational exposure guidelines y Biological Exposure Indices (BEIs®), American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), <http://www.acgih.org/TLV/>; U.S. National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH), <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>; Permissible Exposure Limits (PELs), U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARD\\_S&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD_S&p_id=9992); Indicative Occupational Exposure Limit Values, European Union, [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/); y otras fuentes similares.

trabajos. La formación deberá incorporar la información de las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales<sup>42</sup> (MSDS, por sus siglas en inglés) correspondientes a los materiales peligrosos que están siendo manipulados. Las MSDS deberán estar totalmente a disposición de los empleados en su idioma local.

- Definición e implementación de las actividades de mantenimiento permitidas, tales como el trabajo a temperaturas elevadas o los accesos a espacios confinados
- Suministro del equipo de protección personal (EPP) apropiado (calzado, mascarillas, ropa y gafas protectoras en las zonas apropiadas), duchas corporales y duchas para ojos en situaciones de emergencia, sistemas de ventilación e instalaciones sanitarias
- Actividades de seguimiento y mantenimiento de registros, incluidos los procedimientos designados para verificar y registrar la efectividad de la prevención y el control de la exposición a los peligros ocupacional y realización de informes de investigación de accidentes e incidentes que se deberán conservar, como mínimo, durante un periodo de cinco años

### Documentación y conocimientos del proceso

El plan de manejo de materiales peligrosos deberá incorporarse y adecuarse a los demás elementos del sistema de gestión de las instalaciones en materia de seguridad ambiental e higiene y seguridad ocupacional e incluirá:

- Descripción por escrito de los parámetros de seguridad de los procesos (concretamente, los peligros de las sustancias químicas, las especificaciones de los equipos de seguridad, los rangos de operación segura seguras en cuanto a

<sup>42</sup> Las MSDS las elabora el fabricante, pero es posible que no se produzcan para intermedios químicos que no se distribuyen a nivel comercial. En estos casos, los empleadores deberán facilitar a los trabajadores la información equivalente.

temperatura, presión y otros parámetros aplicables, la evaluación de las consecuencias de los incumplimientos, etc.)

- Procedimientos de funcionamiento por escrito
- Procedimientos de auditoría de cumplimiento

### *Medidas preventivas*

#### **Transporte de materiales peligrosos**

Las emisiones no controladas de materiales peligrosos se pueden producir por la acumulación de una serie de pequeños hechos o por fallos más graves de los equipos asociados con eventos tales como el transporte manual o mecánico entre los distintos sistemas de almacenamiento o equipos de proceso. Las prácticas recomendadas para evitar las emisiones de materiales peligrosos derivados de los procesos industriales incluyen las siguientes:

- Utilización de mangueras, tuberías y accesorios específicos para los materiales de los tanques (por ejemplo, todos los ácidos utilizan un tipo de conexión, todos los cáusticos utilizan otro), y procedimientos de mantenimiento para evitar la incorporación de materiales peligrosos a tanques incorrectos
- Utilización de equipos de transporte que sean compatibles y adecuados para las características de los materiales transportados y que hayan sido diseñados para garantizar el transporte seguro de los mismos
- Realización regular de inspecciones, mantenimiento y reparación de mangueras, tuberías y accesorios
- Suministro de medidas de contención secundaria, bandejas de goteo u otras medidas de contención de goteos o reboses, en puntos de conexión u otros posibles puntos de rebose de los contenedores de materiales peligrosos.

#### **Protección anti-desbordamiento**

Se deberá evitar el desbordamiento de recipientes y depósitos ya que esta operación constituye la causa más común de vertidos que dan lugar a la contaminación del suelo y del agua, y, a su vez, se trata de una de las operaciones que se pueden evitar de manera más sencilla. Entre las medidas recomendadas de protección anti-desbordamiento se incluyen las siguientes:

- Preparar procedimientos por escrito para llevar a cabo las operaciones de transporte, lo cual incluye la elaboración de un listado de control de las medidas a seguir durante las operaciones de llenado y la utilización de operadores de llenado debidamente formados en estos procedimientos
- Instalación de calibres de control en los tanques para medir el volumen del interior
- Utilización de conexiones de manguera antigoteo para vehículos cisterna y conexiones fijas con los tanques de almacenamiento
- Instalación de sistemas de llenado con válvula de parada automática en los tanques de almacenamiento para evitar que se desborden
- Utilización de una arqueta alrededor del tubo de llenado para recoger los vertidos
- Utilización de conexiones de tuberías con protección automática anti-desbordamiento (válvula de flotador)
- Bombear menos volumen de la capacidad disponible en el tanque o recipiente pidiendo menos material que el de su capacidad disponible
- Instalación de respiraderos que impidan la sobre presión o el sobre llenado y que permitan la emisión controlada a un punto de captura

#### **Prevención de explosiones, incendios y reacciones**

También se deberán manejar los materiales reactivos, inflamables y explosivos para evitar las reacciones no controladas o

situaciones que puedan derivar en incendios o explosiones. Las prácticas recomendadas para la prevención incluyen:

- Almacenamiento de materiales incompatibles (ácidos, bases, materiales inflamables, oxidantes y productos químicos reactivos) en zonas separadas y con instalaciones de contención que separen las zonas de almacenamiento de materiales
- Aplicación de almacenamiento específico según materiales para materiales reactivos o extremadamente peligrosos
- Utilización de dispositivos corta-llamas en las salidas de ventilación de los contenedores de almacenamiento de materiales inflamables
- Instalación de sistemas de protección contra rayos y conexiones de puesta a tierra en las zonas para tanques de almacenamiento, estaciones de transporte y otros equipos que manipulan materiales inflamables
- Selección de materiales de construcción que sean compatibles con los productos almacenados para todas las zonas de almacenamiento y sistemas de distribución, y no reutilización de tanques de almacenamiento para productos diferentes sin comprobar previamente la compatibilidad de los distintos materiales
- Almacenamiento de los materiales peligrosos en una zona de la instalación independiente de los trabajos principales de producción. Cuando la proximidad sea inevitable, se deberá facilitar una separación física utilizando estructuras diseñadas para impedir que las operaciones de las instalaciones se vean afectadas por incendios, explosiones, vertidos y otras situaciones de emergencia
- Prohibición de todo tipo de fuentes de encendido en zonas cercanas a los tanques de almacenamiento de materiales inflamables

### *Medidas de control*

#### **Contención secundaria (Líquidos)**

Uno de los aspectos críticos para controlar las emisiones accidentales de materiales líquidos peligrosos durante las operaciones de almacenamiento y transporte es la aplicación de un sistema de contención secundaria. No es necesario que los métodos de contención secundaria cumplan las exigencias de compatibilidad de materiales a largo plazo como ocurría en el caso de los métodos de conducción y almacenamiento primario, pero su diseño y construcción deberán estar elaborados para conservar los materiales emitidos hasta que puedan ser detectados y recuperados de manera segura. Las estructuras apropiadas de contención secundaria están formadas por bancales, diques o muros capaces de contener el volumen equivalente al 110 por ciento del tanque más grande o el 25% de los volúmenes combinados de los tanques en zonas con tanques situados en la superficie con un volumen de almacenamiento total de 1.000 litros y se fabricarán con materiales impermeables y químicamente resistentes. El diseño de los sistemas de contención secundaria deberá tener en cuenta las medidas para evitar el contacto entre materiales incompatibles en caso de un posible escape.

Otras medidas de contención secundaria que se deberán aplicar en función de las condiciones específicas del emplazamiento, incluyen:

- Transferencia de los materiales peligrosos desde los vehículos cisterna a los dispositivos de almacenamiento en áreas cuyas superficies cuenten con la suficiente impermeabilidad como para evitar escapes al medio ambiente y evitar que se deslicen hasta una estructura de recogida o contención que no esté conectada a un sistema municipal de recolección de aguas residuales/aguas pluviales

- Cuando no sea posible instalar estructuras de contención permanentes y destinadas al efecto para las operaciones de transferencia, se deberán facilitar uno o más sistemas alternativos de contención de vertidos, tales como cubiertas de drenaje portátiles (que se pueden utilizar durante las operaciones), válvulas de cierre automático en los depósitos de aguas pluviales o válvulas de cierre en las instalaciones de drenaje o alcantarillado, combinado con separadores de aceite-agua
- Almacenamiento de materiales peligrosos en bidones con un volumen total equivalente o superior a 1.000 litros en zonas con superficies impermeables que están inclinadas o cuentan con muros de sostenimiento para contener un mínimo del 25 por ciento del volumen de almacenamiento total
- Instalación de sistemas de contención secundaria para los componentes (tanques, tuberías) del sistema de almacenamiento de materiales peligrosos en la medida que sea posible
- Realización de ajustes periódicos (por ejemplo, diariamente o semanalmente) de los contenidos de los tanques e inspecciones de las partes visibles de los tanques y tuberías para evitar fugas
- Utilización de sistemas de conductos y almacenamiento con revestimientos especiales, compuestos o de doble pared, especialmente al utilizar tanques de almacenamiento subterráneo (UST, por sus siglas en inglés) y conductos subterráneos. En caso de que se utilicen sistemas de doble pared, deberán contar con sistemas para detectar posibles fugas entre las dos paredes.

## Detección de fugas en los conductos y tanques de almacenamiento

La detección de fugas se podrá utilizar junto con los sistemas de contención secundaria, especialmente en emplazamientos de alto

riesgo<sup>43</sup>. La detección de fugas es una operación especialmente importante en situaciones en las que no es posible o viable la aplicación de sistemas de contención secundaria, tales como en el caso de tramos largos de conductos. Entre los métodos aceptables de detección de fugas se incluyen los siguientes:

- Utilización de detectores automáticos de pérdidas de presión en los conductos presurizados o de larga distancia
- Utilización de métodos aprobados o certificados de comprobación de la integridad en los sistemas de conducción o almacenamiento, en intervalos regulares
- Contemplar, siempre que sea posible desde un punto de vista económico, la posibilidad de utilizar un sistema SCADA<sup>44</sup>

## Tanques de almacenamiento subterráneo<sup>45</sup>

Aunque existen muchas ventajas ambientales y de seguridad en el tanque de almacenamiento subterráneo (UST, por sus siglas en inglés) para materiales peligrosos, incluido la reducción de los riesgos de incendios o explosiones, y la reducción de las emisiones de vapor a la atmósfera, las fugas de materiales peligrosos pueden pasar inadvertidas durante largos periodos de tiempo, con la consecuente posibilidad de contaminación del suelo o las aguas subterráneas. A continuación se incluyen algunos ejemplos de técnicas para manejar estos riesgos:

- Evitar la utilización de UST para el almacenamiento de materiales orgánicos altamente solubles

<sup>43</sup> Emplazamientos de alto riesgo son lugares en los que los escapes de productos desde el sistema de almacenamiento podría derivar en la contaminación de las fuentes de agua potable o aquellos situados en zonas designadas por las autoridades locales como zonas protegidas ricas en recursos hídricos.

<sup>44</sup> Adquisición de Datos y Control de Supervisión

<sup>45</sup> Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para estaciones de servicio contienen más detalles sobre el manejo de UST.



- Evaluar el potencial de corrosión del suelo local e instalar y mantener sistemas de protección catódica (o la protección antioxidación equivalente) para los tanques de acero
- Por lo que respecta a las nuevas instalaciones, instalar revestimientos o estructuras impermeables (por ejemplo, cámaras de hormigón) por debajo y alrededor de los depósitos y canalizaciones que dirijan las fugas de productos a los puertos de seguimiento en el punto más bajo de la estructura o revestimiento.
- Llevar a cabo un seguimiento de la superficie por encima de los tanques para detectar cualquier indicio de movimiento de la tierra
- Ajustar los contenidos de los tanques midiendo el volumen de almacenamiento con el volumen previsto, según la cantidad almacenada en la última operación de almacenamiento llevada a cabo y según las entregas al almacén y las retiradas del mismo
- Comprobar de forma regular la integridad de todos los tanques mediante indicadores volumétricos, de vacío, acústicos, o mediante cualquier otro sistema
- Tener en cuenta el seguimiento de las aguas subterráneas de calidad por debajo de la gradiente de los emplazamientos en los que se utilizan múltiples UST
- Evaluar el riesgo de los UST existentes en las instalaciones recién adquiridas para determinar si es necesario llevar a cabo mejoras en los UST que se vayan a seguir utilizando, incluido la sustitución por nuevos sistemas o el cierre permanente de los UST abandonados. Asegurarse de que los UST estén situados lejos de pozos, depósitos y otras zonas de protección de fuentes hídricas, y depresiones geográficas, así como de mantenerlos según lo anterior con el fin de evitar la corrosión.

## Manejo de los peligros graves

Además de la aplicación de las guías a las que se ha hecho referencia anteriormente sobre prevención y control de las emisiones de materiales peligrosos, los proyectos que guarden relación con la producción, manipulación y almacenamiento de materiales peligrosos *en los límites máximos admisibles o por encima de estos*<sup>46</sup> deberán elaborar un plan de manejo de los riesgos de materiales peligrosos, en el contexto de su sistema de gestión global en materia de seguridad medioambiental e higiene y seguridad ocupacional, que contenga todos los elementos que se detallan a continuación.<sup>47</sup> El objetivo de estas guías es la prevención y control de las emisiones catastróficas de productos químicos explosivos, inflamables, reactivos o tóxicos que puedan derivar en peligros tóxicos, de incendios o explosiones.<sup>48</sup>

## Actuaciones de manejo

- *Manejo de los cambios:* Estos procedimientos deberán abordar:
  - La base técnica de los cambios en los procesos y operaciones
  - El impacto de los cambios en la higiene y seguridad
  - La modificación de los procedimientos de operación
  - Los requisitos de autorización
  - Los empleados afectados
  - Las necesidades de formación

<sup>46</sup> Por cantidades máximas admisibles se entenderán aquellas establecidas a efectos de planificación de emergencias según lo dispuesto por la US Environmental Protection Agency. *Protection of Environment* (Title 40 CFR Parts 300-399 and 700 to 789).

<sup>47</sup> Para más información, remítase al documento de International Finance Corporation (IFC) Hazardous Materials Risk Management Manual. Washington, D.C. December 2000.

<sup>48</sup> La técnica para el manejo de los peligros graves se basa en gran parte en un enfoque del manejo de la seguridad de los procesos desarrollado por el American Institute of Chemical Engineers.

- *Auditoría de cumplimiento:* Una auditoría de cumplimiento es un sistema para evaluar el cumplimiento de los requisitos exigidos en los programas de prevención de los distintos procesos industriales. Se deberá llevar a cabo, como mínimo tres veces al año, una auditoría de cumplimiento que cubra todos los elementos de las medidas preventivas (véase a continuación) y que deberá incluir lo siguiente:
  - Elaboración de un informe sobre las conclusiones derivadas de la misma
  - Determinación y documentación de la respuesta apropiada a cada conclusión
  - Documentación en la que se haga constar la corrección de las deficiencias
- *Investigación de los incidentes:* Los incidentes pueden facilitar información valiosa sobre los peligros del emplazamiento y sobre las medidas necesarias para evitar las emisiones accidentales. Un sistema de investigación de incidentes deberá incluir procedimientos para:
  - Iniciar la investigación con carácter inmediato
  - Resumir los resultados de la investigación en un informe
  - Abordar las conclusiones y recomendaciones del informe
  - Revisar el informe con el personal y los contratistas
- *Participación de los empleados:* Un plan de acción por escrito deberá describir un programa de participación activa de los empleados en la prevención de los accidentes.
- *Contratistas:* Deberá existir un sistema de control de los contratistas que deberá incluir la obligación de que estos desarrollen procedimientos de manejo de materiales peligrosos que cumplan los requisitos del plan de manejo de materiales peligrosos. Sus procedimientos deberán ser acordes con los procedimientos de la empresa contratante y el personal del contratista deberá recibir la misma formación. Además, estos procedimientos obligarán a los contratistas a lo siguiente:
  - Contar con procedimientos de desempeño seguro e información sobre la seguridad y los peligros
  - Cumplir las prácticas en materia de seguridad
  - Actuar de manera responsable
  - Tener acceso a la formación apropiada para sus empleados
  - Asegurarse de que sus empleados conozcan los peligros del proceso y las medidas de emergencia aplicables
  - Elaborar y enviar a la empresa contratante expedientes de la formación de sus empleados
  - Informar a sus empleados sobre los peligros que pueden surgir por su trabajo
  - Evaluar las tendencias de repetición de incidentes similares
  - Desarrollar e implementar procedimientos para el manejo de incidentes similares
- *Formación:* Los empleados que participen en el proyecto deberán recibir formación sobre el manejo de materiales peligrosos. El programa de formación deberá incluir:
  - Un listado de los empleados que recibirán la formación
  - Los objetivos específicos de la formación
  - Los métodos para conseguir estos objetivos ( talleres propios, videos, etc.)
  - Los métodos para determinar si el programa de formación es o no efectivo
  - Los procedimientos de formación para los trabajadores nuevos y cursos de actualización para los empleados existentes

## Medidas preventivas

El objeto de las medidas preventivas consiste en garantizar que se tengan en cuenta los aspectos del proceso y de los equipos relacionados con la seguridad, se conozcan bien los límites que se tendrán que aplicar en las operaciones y se apliquen los códigos y normas aceptadas.

- *Información sobre seguridad del proceso:* Se deberán elaborar procedimientos para cada uno de los materiales peligrosos, que deberán incluir lo siguiente:
  - Compilación de las hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS, por sus siglas en inglés)
  - Identificación de las existencias máximas previstas y de los parámetros de seguridad máximos/mínimos
  - Documentación de las especificaciones de los equipos y de los códigos y estándares utilizados para diseñar, fabricar y poner en funcionamiento el proceso
- *Procedimientos de operación:* Se deberán elaborar SOP para cada fase de los procesos u operaciones incluidos en el proyecto (por ejemplo, puesta en funcionamiento inicial, operaciones habituales, operaciones provisionales, parada de emergencia, operaciones en situaciones de emergencia, parada normal, y puesta en funcionamiento tras una parada normal o de emergencia o después de un cambio importante). Estos SOP deberán incluir consideraciones especiales relativas a los materiales peligrosos utilizados en el proceso o en las operaciones (por ejemplo, control de la temperatura para evitar emisiones de productos químicos peligrosos volátiles; desvío de los vertidos gaseosos de contaminantes peligrosos del proceso a un depósito de almacenamiento provisional en caso de emergencia).

Otros procedimientos que se deberán desarrollar incluyen los impactos de los desvíos, las medidas para evitar los

desvíos, la prevención de los riesgos químicos, las medidas de control de los riesgos y las inspecciones de los equipos.

*Integridad mecánica de los aparatos, conductos y equipos del proceso:* Se deberán desarrollar y documentar procedimientos de inspección y mantenimiento para garantizar la integridad mecánica de los aparatos, conductos y equipos, así como para prevenir las emisiones no controladas de materiales peligrosos del proyecto. Estos procedimientos deberán ser parte integrante de los SOP del proyecto. Los componentes específicos del proceso de mayor interés incluyen los recipientes de presión y los tanques de almacenamiento, los sistemas de conducción, los dispositivos y sistemas de ventilación y descompresión, los sistemas de parada de emergencia, los controles y las bombas. Entre las recomendaciones del programa de mantenimiento e inspección se incluyen las siguientes:

- Desarrollar procedimientos de mantenimiento y de inspección
- Establecer un plan de garantía de calidad para los equipos, materiales de mantenimiento y piezas de repuesto
- Formar a los empleados en materia de procedimientos de mantenimiento e inspección
- Llevar a cabo inspecciones y operaciones de mantenimiento de los equipos, conductos y aparatos
- Identificar y corregir las deficiencias detectadas
- Evaluar los resultados de las inspecciones y labores de mantenimiento y, en caso necesario, actualizar los procedimientos de mantenimiento e inspección
- Informar a la dirección de los resultados.

- *Permisos de trabajo a temperaturas elevadas:* Las operaciones de trabajos a temperaturas elevadas, tales como soldaduras, oxicorte y rectificadas, guardan relación con peligros potenciales de higiene, seguridad y para la

propiedad derivados de los humos, gases, chispas, metales calientes y energía radiante que se producen durante el trabajo a temperaturas elevadas. Los permisos de trabajo a temperaturas elevadas son obligatorios para cualquier operación que despidan llamas al aire libre o que produzca calor y chispas. La sección que trata de los procedimientos estándar de operación sobre los trabajos a temperaturas elevadas incluye la responsabilidad derivada de permitir trabajar a temperaturas elevadas, los equipos de protección personal (EPP), los procedimientos para realizar trabajos a temperaturas elevadas, la formación del personal y el mantenimiento de registros.

- *Revisiones previas a la puesta en funcionamiento:* Se deberán crear procedimientos para llevar a cabo revisiones previas a la puesta en funcionamiento cuando se hayan hecho modificaciones lo suficientemente importantes como para exigir un cambio en la información sobre seguridad dentro del procedimiento de manejo de los cambios. Los procedimientos deberán:
  - Confirmar que la construcción o equipo nuevo o modificado cumpla las especificaciones de diseño
  - Garantizar que los procedimientos de seguridad, funcionamiento, mantenimiento y emergencia, sean los apropiados
  - Incluir una evaluación de los peligros del proceso y resolver o implementar recomendaciones para el nuevo proceso
  - Garantizar que todos los empleados que se vean afectados reciban la formación apropiada

### *Preparación y respuesta ante emergencias*

Cuando se manipulan materiales peligrosos, se deben establecer procedimientos y prácticas que permitan respuestas rápidas y eficaces frente a los accidentes que puedan derivar en daños a

los seres humanos o al medio ambiente. Se deberá elaborar un plan de preparación y respuesta ante emergencias, que se incorpore y adecue al sistema global de gestión de las instalaciones en materia de seguridad ambiental e higiene y seguridad ocupacional e incluirán:, para cubrir lo siguiente:<sup>49</sup>

- *Coordinación de la planificación:* Se deberán establecer procedimientos para:
  - Informar a los organismos públicos y de respuesta ante las emergencias
  - Documentar los primeros auxilios y los tratamientos médicos de emergencia
  - Tomar medidas de respuesta frente a las emergencias
  - Revisar y actualizar los planes de respuesta frente a las emergencias de manera que reflejen los cambios y asegurarse de informar a los trabajadores sobre dichos cambios
- *Equipo de emergencia:* Se deberán establecer procedimientos para utilizar, inspeccionar, comprobar y realizar el mantenimiento apropiado de los equipos de respuesta frente a las emergencias.
- *Formación:* Los empleados y contratistas deberán recibir la formación apropiada sobre procedimientos de respuesta frente a las emergencias.

### *Concienciación y participación de la comunidad*

Cuando se utilizan materiales peligrosos por encima de las cantidades máximas permitidas, el plan de manejo deberá incluir un sistema de participación, concienciación e información a la comunidad que deberá ser acorde con los riesgos potenciales

---

<sup>49</sup> Para un tratamiento completo de la elaboración de planes de respuesta contra emergencias en colaboración con las comunidades, remítase a las guías sobre respuesta y preparación contra emergencias a nivel local (APELL, por sus siglas en inglés) disponible en: <http://www.uneptie.org/pc/apell/publications/handbooks.html>

identificados para el proyecto durante los estudios de evaluación de los peligros. Este sistema deberá incluir métodos para, de manera puntual, comprensible y culturalmente adecuada, compartir los resultados de los estudios de evaluación de los riesgos y peligros a con las comunidades potencialmente afectadas, que además proporcionará información de valor aportada por los ciudadanos. Las actividades de participación de la comunidad deberán incluir:

- La puesta a disposición de la comunidad potencialmente afectada de información sobre la naturaleza y el alcance de las operaciones del proyecto, así como sobre las medidas de prevención y control que se aplicarán para garantizar que no se ponga en peligro la salud de los seres humanos
- El potencial de los efectos externos para la salud de las personas o del medio ambiente derivados de un accidente en las instalaciones existentes o futuras destinadas a operaciones con materiales peligrosos
- Información específica y puntual sobre las medidas de seguridad y comportamientos apropiados que se adoptarán en caso de accidente, incluido simulacros en los emplazamientos expuestos a mayores riesgos
- Acceso a la información necesaria para conocer el alcance de las posibles consecuencias de un accidente y ofrecer la oportunidad de contribuir de manera efectiva, cuando proceda, a la toma de decisiones relativas a las instalaciones destinadas a operaciones con materiales peligrosos y la creación de planes de preparación de la comunidad para emergencias.
-

## 1.6 Manejo de residuos

|   |    |
|---|----|
| Aplicabilidad y enfoque.....                      | 54 |
| Manejo general de los residuos.....               | 55 |
| Planificación del manejo de residuos.....         | 55 |
| Prevención en materia de residuos.....            | 55 |
| Reciclado y reutilización.....                    | 56 |
| Tratamiento y eliminación.....                    | 56 |
| Manejo de residuos peligrosos.....                | 57 |
| Almacenamiento de residuos.....                   | 57 |
| Transporte.....                                   | 58 |
| Tratamiento y eliminación.....                    | 58 |
| Contratistas de residuos públicos o privados..... | 58 |
| Pequeñas cantidades de residuos peligrosos.....   | 59 |
| Seguimiento.....                                  | 59 |

### Aplicabilidad y enfoque

Estas guías se aplican a proyectos que generan, almacenan o manipulan cualquier cantidad de residuos en distintos sectores industriales. No están pensadas para su aplicación a proyectos o instalaciones cuya actividad principal sea la recogida, transporte, tratamiento o eliminación de residuos. Las orientaciones específicas para este tipo de instalaciones se abordan en las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para instalaciones destinadas al manejo de residuos.

Se entenderá por *residuos* cualquier material sólido, líquido o gaseoso que se esté desechando mediante eliminación, reciclado, quemado o incineración. Puede tratarse de un subproducto de un proceso de fabricación o de un producto comercial obsoleto que ya no se utiliza para el fin para el que fue producido y es necesario eliminarlo.

*Los residuos sólidos (no peligrosos)* generalmente incluyen cualquier desperdicio y desecho. Entre los ejemplos de este tipo de residuos se incluyen las basuras o desechos domésticos; materiales inertes de demolición / construcción;

desechos, tales como chatarras y contenedores vacíos (salvo aquellos que se hayan utilizados para contener materiales peligrosos que, en principio, se manejarán como residuos peligrosos); y residuos residuales derivados de operaciones industriales tales como las escorias de las calderas, las escorias en general y las cenizas volantes.

*Los residuos peligrosos* comparten las propiedades de los materiales peligrosos (por ejemplo, inflamabilidad, corrosividad, reactividad o toxicidad), u otras características físicas, químicas o biológicas que puedan poseer un riesgo potencial de causar daños a la salud de las personas o al medio ambiente si no se manejan de manera apropiada. Los residuos también se pueden clasificar como “peligrosos” mediante reglamentos locales o convenios internacionales, en función del origen del residuo y de su inclusión en las listas de materiales peligrosos o en función de sus características.

Los lodos procedentes de una planta de tratamiento de residuos, de una planta de tratamiento de aguas o de instalaciones de control de la contaminación atmosférica, así como otros materiales de desecho, incluidos los materiales sólidos, líquidos, semisólidos o gaseosos procedentes de operaciones industriales, se deberán evaluar caso por caso para establecer si son objeto de ser clasificados como residuos peligrosos o no peligrosos.

Las instalaciones destinadas a la generación y almacenamiento de residuos deberán poner en práctica lo siguiente:

- Establecer prioridades de manejo de residuos al inicio de las actividades, tomando como base el conocimiento de los posibles impactos y riesgos sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad y teniendo en cuenta la generación de residuos y sus consecuencias

- Establecer una jerarquía de manejo de residuos que tenga en cuenta la prevención, reducción, reutilización, recuperación, reciclado, retirada y, por último, la eliminación de los residuos.
- Impedir o reducir al mínimo la producción de residuos, siempre que sea posible
- En los casos en los que no se pueda evitar la generación de residuos, pero se hayan podido reducir al mínimo, se deberá contemplar la recuperación y reutilización de residuos
- Cuando los residuos no se puedan recuperar ni reutilizar, se deberá contemplar la destrucción y eliminación de los mismos de manera segura desde el punto de vista ambiental

### Manejo general de los residuos

Las siguientes orientaciones son aplicables al manejo de residuos peligrosos y de residuos no peligrosos. Más adelante se facilitan orientaciones adicionales específicas para los residuos peligrosos. El manejo de los residuos se deberá tratar a través de un sistema de manejo de residuos que aborde los aspectos relacionados con la reducción al mínimo, generación, transporte, eliminación y seguimiento de los residuos.

### Planificación del manejo de residuos

Las instalaciones que generan residuos deberán caracterizar sus residuos de acuerdo con la composición, fuente, tipo de residuo producido, tasas de producción, o de conformidad con los requisitos reguladores locales. La planificación e implementación efectiva de las estrategias para el manejo de residuos incluirán:

- La revisión de las nuevas fuentes de residuos durante las actividades de planificación, emplazamiento y

- diseño, incluso durante la modificación de los equipos y cambios en los procesos, con el fin de identificar la generación prevista de residuos, las posibilidades de prevención de la contaminación y la infraestructura necesaria para el tratamiento, almacenamiento y eliminación de los mismos
- Recopilación de datos e información sobre el proceso y las corrientes de residuos en las instalaciones existentes, incluida la caracterización de las corrientes de residuos por tipo, cantidad y posible eliminación / uso
- Establecimiento de prioridades en función de un estudio de los riesgos que deberá tener en cuenta los riesgos potenciales sobre medio ambiente, salud y seguridad durante el ciclo de los residuos y la disponibilidad de infraestructuras para manejar los residuos de manera segura desde un punto de vista ambiental
- Definición de las posibilidades de reducir las fuentes generadoras de residuos, así como la reutilización y el reciclado
- Definición de los procedimientos y controles operacionales para el almacenamiento *in situ*
- Definición de las opciones / procedimientos / controles operacionales para el tratamiento y la eliminación definitiva de los residuos

### Prevención en materia de residuos

Se deberán diseñar y aplicar procesos para evitar, o reducir al mínimo, las cantidades de residuos generados y los peligros asociados a los residuos generados, de conformidad con la estrategia que se describe a continuación:

- Sustituir las materias primas o insumos por materiales menos peligrosos o tóxicos o por aquéllos en los que el procesamiento de los mismos produzca volúmenes más pequeños de residuos

- Aplicar procesos de fabricación que conviertan los materiales de manera eficaz, lo que derivará en un mayor rendimiento en la fabricación de los productos, incluido la modificación del diseño de los procesos de producción, las condiciones de funcionamiento y el control de los procesos<sup>50</sup>
- Establecer buenas prácticas de operación y mantenimiento de registros, incluido el control del inventario para reducir la cantidad de residuos procedentes de materiales que están caducados, fuera de clasificación, contaminados, dañados o fuera de las necesidades de la planta
- Establecer sistemas de adquisición que valoren la posibilidad de devolver los materiales utilizables tales como los contenedores y que eviten los pedidos excesivos de materiales
- Reducir al mínimo la generación de residuos peligrosos mediante la implementación de sistemas rigurosos de segregación de residuos para evitar la mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos que van a ser manejados
- Identificación y reciclado de los productos que se pueden volver a incorporar al proceso de fabricación o a la actividad industrial en el emplazamiento
- Investigación de los mercados externos para el reciclado por parte de otras actividades industriales de procesamiento situadas en los alrededores o en la zona de las instalaciones (por ejemplo, el intercambio de residuos)
- Fijar objetivos de reciclado y sistemas de seguimiento de los índices de reciclado y generación de residuos
- Facilitar formación e incentivos a los empleados con el fin de que sean capaces de cumplir los objetivos

### *Tratamiento y eliminación*

Si se siguen generando residuos después de la aplicación de medidas viables de prevención, reducción, reutilización, recuperación y reciclado, se deberá tratar y eliminar los residuos y adoptar todas las medidas necesarias para evitar los posibles daños a la salud de las personas y el medio ambiente. Las técnicas de manejo seleccionadas deberán ser acordes a las características de los residuos y conformes a los reglamentos locales, debiendo asimismo incluir una o más de las que se detallan a continuación:

### *Reciclado y reutilización*

Además de la implementación de estrategias de prevención en materia de residuos, la cantidad total de residuos podría verse significativamente reducida mediante la aplicación de planes de reciclado, que deberán tener en cuenta los siguientes elementos:

- Evaluación de los procesos de producción de residuos e identificación de los materiales potencialmente reciclables

- Tratamiento físico, químico o biológico dentro o fuera del emplazamiento de los residuos para que dejen de ser peligrosos antes de su eliminación definitiva
- Tratamiento o eliminación en instalaciones autorizadas especialmente diseñadas para recibir los residuos. Algunos ejemplos incluyen: actividades de compostaje de los residuos orgánicos no peligrosos; incineradores o vertederos controlados debidamente diseñados, autorizados y gestionados, especialmente diseñados para el tipo de residuo correspondiente; o utilización de otras técnicas que resulten efectivas en lo que respecta

<sup>50</sup>Entre los ejemplos de estrategias para la prevención en materia de residuos se incluye el concepto de fabricación ajustada (lean manufacturing) disponible en <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/minimize/lean.htm>



a la eliminación definitiva de los residuos, tales como la biorremediación

## Manejo de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos siempre se tendrán que separar de los residuos no peligrosos. Si no se puede evitar la generación de residuos peligrosos mediante la implementación de las prácticas de manejo general de los residuos descritas anteriormente, su manejo se deberá centrar en la prevención de los daños a la salud, seguridad y al medio ambiente, de conformidad con los siguientes principios adicionales:

- Tener total conocimiento de los posibles impactos y riesgos asociados al manejo de los residuos peligrosos generados durante su ciclo completo de vida
- Asegurarse de que los contratistas responsables de la manipulación, tratamiento y eliminación de los residuos peligrosos sean empresas debidamente acreditadas y con licencia de los organismos reguladores correspondientes; de igual forma, asegurarse de que siguen buenas prácticas industriales internacionales para los residuos objeto del tratamiento
- Garantizar el cumplimiento de todos los reglamentos locales e internacionales aplicables<sup>51</sup>

## Almacenamiento de residuos

Los residuos peligrosos se deberán almacenar de manera que se eviten o controlen las emisiones accidentales al aire,

<sup>51</sup> Los requisitos internacionales incluirán los compromisos del país receptor de conformidad con la Convención de Basilea sobre el control de los movimientos de los residuos peligrosos y su eliminación (<http://www.basel.int/>) y con la Convención de Rotterdam en relación con el procedimiento de consentimiento autorizado para determinados productos químicos y pesticidas considerados peligrosos en el Comercio Internacional (<http://www.pic.int/>)

al suelo o a los recursos hídricos de la zona en los casos en los que:

- Los residuos se almacenan de un modo que se evita la mezcla o contacto entre residuos incompatibles y de manera que se permita llevar a cabo inspecciones entre los contenedores y llevar un seguimiento de fugas o vertidos. Algunos ejemplos son el espacio suficiente entre los materiales incompatibles o una separación física mediante muros o bordillos de contención
- El almacenamiento en contenedores cerrados protegidos de la luz solar directa, del viento y de la lluvia
- Se deberán construir sistemas de contención secundaria con los materiales apropiados para los residuos a contener y adecuados para que se eviten las emisiones al medio ambiente
- Se deberán incluir los sistemas de contención secundaria siempre que se almacenen residuos líquidos en volúmenes superiores a 220 litros. El volumen disponible de contención secundaria deberá ser, como mínimo, del 110 por ciento del contenedor de almacenamiento más grande o del 25% de la capacidad total de almacenamiento (el porcentaje que sea más alto), en el emplazamiento concreto.
- Cuando se almacenen residuos volátiles, se deberán facilitar los sistemas de ventilación apropiados.

Las actividades de almacenamiento de residuos peligrosos estarán sujetas a medidas de manejo especiales, llevadas a cabo por empleados que hayan recibido la formación específica en manipulación y almacenamiento de residuos peligrosos:

- Entrega a los empleados de la información disponible sobre la compatibilidad de los productos químicos, incluido el etiquetado de cada contenedor para identificar sus contenidos

- Limitar el acceso a las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos a los empleados que hayan recibido la formación apropiada
- Identificar (etiquetar) claramente y delimitar la zona, incluyendo la documentación de su localización en un mapa de las instalaciones o en un plano del emplazamiento
- Llevar a cabo inspecciones periódicas de las zonas destinadas a almacenamiento de residuos y documentación de las conclusiones
- Elaboración e implementación de planes de emergencia y de respuesta frente a vertidos para tratar emisiones accidentales (en la Sección 3 de este documento se incluye información adicional sobre los planes de emergencia)
- Evitar los tanques de almacenamiento subterráneo y las conducciones subterráneas de los residuos peligrosos

### Transporte

El transporte interno y externo de los residuos se deberá llevar a cabo de manera que se eviten o reduzcan al mínimo los vertidos, las emisiones y los riesgos para los empleados y para el resto de personas. Todos los contenedores de residuos designados para el transporte externo deberán estar bien sellados y llevar las etiquetas apropiadas en las que figuren los contenidos y los peligros asociados, se deberán cargar de manera apropiada en los vehículos de transporte antes de dejar el emplazamiento y deberán ir acompañados de un documento de embarque (es decir, una declaración) en el que se describa la carga y los peligros asociados a la misma, de conformidad con la recomendación estipulada en la Sección 3.4 sobre el transporte de materiales peligrosos.

### Tratamiento y eliminación

Además de las recomendaciones para el tratamiento y la eliminación aplicables a los residuos generales, se deberán tener en cuenta las cuestiones específicas de los residuos peligrosos tal y como se detalla a continuación:

#### Contratistas de residuos públicos o privados

A falta de proveedores cualificados de residuos públicos o privados (teniendo en cuenta la proximidad y los requisitos exigidos para su transporte), las instalaciones que generan residuos deberán considerar lo siguiente:

- Tener la capacidad técnica suficiente para manejar los residuos de manera que se reduzca el impacto inmediato y futuro en el medio ambiente
- Tener todos los permisos, certificados y autorizaciones exigidos por las autoridades gubernamentales correspondientes
- Estar respaldados por los correspondientes contratos de adquisición

A falta de operadores cualificados de eliminación de residuos comerciales o públicos (teniendo en cuenta la proximidad y los requisitos de transporte), los promotores del proyecto deberán considerar lo siguiente:

- La instalación de procesos de reciclado o tratamiento de residuos in situ
- Como opción final, la construcción de instalaciones que faciliten el almacenamiento a largo plazo de residuos in situ seguro para el medio ambiente (según lo descrito en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad) o en un lugar alternativo adecuado hasta que existan opciones comerciales externas disponibles

## Pequeñas cantidades de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos normalmente se producen en pequeñas cantidades a partir de los distintos proyectos y a través de una variedad de actividades tales como el mantenimiento de equipos y edificios. A continuación se enumeran algunos ejemplos de este tipo de residuos: solventes gastados y trapos con aceite, botes de pintura vacíos, contenedores de productos químicos; aceite lubricante usado; pilas usadas (tales como, las pilas de níquel-cadmio o de ácido-plomo); y aparatos de iluminación, como lámparas o unidades de alimentación de lámparas. Estos residuos se deberán manejar siguiendo la recomendación facilitada en las secciones anteriores.

### Seguimiento

Las actividades de seguimiento asociadas al manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos incluyen las siguientes:

- Inspecciones visuales regulares de todas las zonas de almacenamiento o recogida de residuos para comprobar que no existen indicios de escapes accidentales y para verificar que los residuos están debidamente etiquetados y almacenados. Cuando se generan cantidades significativas de residuos peligrosos y se almacenan in situ, las actividades de seguimiento incluirán:
  - Inspección de los recipientes para comprobar la ausencia de fugas, goteos u otros indicadores de pérdida
  - Identificación de grietas, corrosión o daños en los tanques, en los equipos de protección o en los suelos
  - Verificación de los cierres, las válvulas de emergencia y otros dispositivos de seguridad para el correcto funcionamiento (lubricar en caso

necesario y acostumbrarse a mantener los cierres y equipos de seguridad en modo de espera cuando la zona no esté ocupada)

- Comprobación de la operabilidad de los sistemas de emergencia
- Documentar los resultados de las pruebas de integridad, emisiones o estaciones de seguimiento (aire, vapor del suelo o aguas subterráneas)
- Documentar los cambios que se lleven a cabo en las instalaciones destinadas a almacenamiento, y los cambios significativos en la cantidad de los materiales almacenados
- Auditorías regulares de las prácticas de segregación de residuos y recogida de los mismos
- Seguimiento de las tendencias de generación de residuos por tipo y cantidad de residuos generados, preferiblemente por departamento
- Caracterización de los residuos al principio de la generación de una nueva corriente de residuos, y periódicamente documentando las características y el manejo apropiado de los residuos, especialmente si se trata de residuos peligrosos
- Conservar las declaraciones y demás documentos que justifiquen la cantidad de residuos generados y su destino
- Auditoría periódica de las operaciones de tratamiento y servicios de eliminación llevados a cabo por terceros, incluido las instalaciones de reciclado y reutilización en caso de que existan terceras partes responsables de manejar cantidades significativas de residuos peligrosos. Siempre que sea posible, las auditorías incluirán visitas a las zonas de almacenamiento y eliminación de los distintos emplazamientos

- Seguimiento regular de la calidad de las aguas subterráneas en caso de almacenamiento, pre-tratamiento y eliminación in situ de residuos peligrosos
- Los expedientes del seguimiento de los residuos peligrosos recibidos, almacenados o enviados incluirán lo siguiente:
  - Nombre y número de identificación de los materiales que componen el residuo peligroso
  - Estado físico (sólido, líquido, gaseoso o una combinación de uno o más de los anteriores)
  - Cantidad (por ejemplo, kilogramos o litros, número de contenedores)
  - Documentación del seguimiento del envío de los residuos, donde se incluya tipo y cantidad, fecha de entrega, fecha del transporte y fecha de recepción, detalles sobre el origen, el destinatario y el transportista
  - Método y fecha de almacenamiento, re-empaqueado, tratamiento o eliminación en las instalaciones, con referencia a los números de declaración específicos de los residuos peligrosos
  - Localización de los residuos peligrosos dentro de la instalación y la cantidad depositada en cada zona.

## 1.7 Ruido

### Aplicabilidad

Esta sección aborda los impactos del ruido más allá de los límites de las instalaciones. La exposición de los trabajadores al ruido se trata en la Sección 2.0 sobre salud y seguridad ocupacional.

### Prevención y control

Las medidas de mitigación y prevención del ruido se aplicarán cuando el impacto del ruido previsto o medido de las instalaciones u operaciones de un proyecto supere el nivel de ruido aplicable en el punto más sensible de recepción.<sup>52</sup> El método preferido para controlar el ruido procedente de fuentes estacionarias es la implementación de medidas de control del ruido en origen.<sup>53</sup> Los métodos para prevenir y controlar las fuentes de emisiones de ruidos dependen de la fuente y la proximidad de los receptores. Las opciones que se deberán tener en cuenta para reducir el ruido incluyen las siguientes:

- Escoger equipos con niveles más bajos de potencia acústica
- Instalar silenciadores en los ventiladores
- Instalar silenciadores apropiados en los escapes de los motores y en los componentes del compresor

<sup>52</sup> Un punto de recepción o receptor se puede definir como cualquier punto de las instalaciones ocupado por personas donde se reciban ruidos externos o vibraciones. Entre los ejemplos de localizaciones receptoras se incluyen: viviendas permanentes o provisionales; hoteles / moteles; colegios y guarderías; hospitales y sanatorios; lugares de culto; y parques y campamentos.

<sup>53</sup> En la fase de diseño de un proyecto, los fabricantes de los equipos deberán facilitar las especificaciones del diseño o construcción en forma de "Pérdida de inserción" en el caso de los silenciadores, y "Pérdida de transmisión" en el caso de cajas acústicas y mejoras en edificios.

- Instalar cajas acústicas para mitigar las emisiones de ruido de las carcasas de los equipos
- Mejorar el desempeño acústico de los edificios, aplicar sistemas de insonorización
- Instalar barreras acústicas sin hoyos y con una densidad mínima de superficie continua de 10 kg/m<sup>2</sup> para reducir al mínimo la transmisión del sonido a través de la barrera. Las barreras deberán estar situadas lo más cerca posible de la fuente o del receptor para que sean eficaces
- Instalar aislamientos de vibraciones para los equipos mecánicos
- Limitar las horas de funcionamiento de determinadas partes específicas de los equipos u operaciones, especialmente las fuentes móviles que funcionan a través de zonas comunitarias
- Reubicar las fuentes de ruido en zonas menos sensibles para aprovechar la ventaja de la distancia y el encapsulamiento
- Ubicar las instalaciones permanentes lejos de las zonas comunitarias, siempre que sea posible
- Aprovechar la topografía natural a modo de amortiguador de ruidos durante el diseño de las instalaciones
- Siempre que sea posible, reducir la trayectoria del tráfico del proyecto por zonas comunitarias
- Planificar las rutas de vuelo, el horario y la altitud de los aviones (aviones y helicópteros) que sobrevuelan zonas comunitarias
- Crear un sistema para registrar y responder a las quejas

### Guías de nivel de ruido

Los impactos de ruido no podrán superar los niveles recogidos en la Tabla 1.7.1, ni podrán derivar en un

Tabla 1.7.1- Guías de nivel de ruido<sup>54</sup>

| Receptor   | Una hora L <sub>Aeq</sub> (dBA) |                               |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
|  | Por el día<br>07:00 - 22:00     | Por la noche<br>22:00 - 07:00 |
| Residencial; institucional;<br>educativo <sup>55</sup> | 55                              | 45                            |
| Industrial; comercial                                  | 70                              | 70                            |

incremento máximo de los niveles del ruido de fondo de 3 dB en el receptor más próximo.

Los ruidos altamente molestos, como el ruido de los aviones que sobrevuelan una determinada zona y el paso de los trenes, no se tienen en cuenta a la hora de establecer los niveles de ruido de fondo.

### Seguimiento

El seguimiento del ruido<sup>56</sup> se deberá llevar a cabo a efectos de establecer los niveles existentes de ruido ambiental en la zona de las instalaciones propuestas y existentes, o a efectos de comprobar los niveles de ruido de la fase operacional.

Los programas de seguimiento de ruidos los deberán diseñar y realizar especialistas debidamente formados. Los periodos habituales de seguimiento deberán ser suficientes para el estudio estadístico y podrán durar 48 horas con la utilización

de dispositivos de seguimiento de ruidos que deberán tener la capacidad de registrar los datos de manera continua durante este periodo de tiempo, o por hora o con una frecuencia mayor según se estime oportuno (o de cualquier otra forma cubriendo periodos de tiempo dentro de varios días, incluido días laborables de diario o durante el fin de semana). El tipo de índices acústicos registrados depende del tipo de ruido que se esté realizando el seguimiento, según establezca un experto en ruidos. Los dispositivos de seguimiento se deberán colocar a una distancia de aproximadamente 1,5 m por encima del suelo y no más cerca de 3 m a cualquier superficie reflectante (por ejemplo, una pared). En general, el límite del nivel de ruido se representa por los niveles de los ruidos de fondo y los ruidos ambientales que habría en ausencia de las instalaciones o fuentes de ruido objeto del estudio.

<sup>54</sup> Los valores de las directrices se corresponden con los niveles de ruido medidos en el exterior. Fuente: Guidelines for Community Noise, Organización Mundial de la Salud (OMS), 1999.

<sup>55</sup> Por lo que respecta a los niveles aceptables de ruido en recintos cerrados en entornos residenciales, institucionales y educativos, remítase a la OMS (1999).

<sup>56</sup> El control del ruido se deberá llevar a cabo utilizando un medidor de los niveles de sonido de Tipo 1 ó 2 y que cumpla todas las normas IEC aplicables.

## 1.8 Suelos contaminados

|  |    |
|--|----|
| Aplicabilidad y enfoque .....                                  | 63 |
| Identificación de riesgos .....                                | 64 |
| Manejo transitorio de los riesgos .....                        | 65 |
| Evaluación pormenorizada de los riesgos .....                  | 65 |
| Medidas permanente para la reducción de los riesgos ....       | 67 |
| Consideraciones relativas a la higiene y seguridad ocupacional | 69 |

### Aplicabilidad y enfoque

Esta sección contiene un resumen de los métodos utilizados para el manejo de los suelos contaminados por escapes antropogénicos de materiales peligrosos, residuos, aceites, incluso sustancias naturales. Los escapes de estos materiales pueden ser el resultado de actividades históricas o actuales llevadas a cabo en el emplazamiento, incluidos, entre otros, los accidentes que se producen durante su manipulación y almacenamiento, o debido a un manejo o eliminación deficiente.

Se consideran suelos contaminados aquéllos que contienen concentraciones de aceites o materiales peligrosos por encima de los niveles de fondo o de los niveles naturales.

Los suelos contaminados pueden ser los suelos superficiales o subsuelos que, a través de las operaciones de lixiviado y de transporte podrían afectar a las aguas subterráneas, las aguas superficiales y los emplazamientos adyacentes. Cuando las fuentes de contaminación de los subsuelos contienen sustancias volátiles, el vapor del suelo también puede convertirse en un medio de transporte y un factor de riesgo, y puede constituir un potencial de filtración de sustancias contaminantes en los espacios de aire en el interior de los edificios.

Los suelos contaminados suponen un problema debido a:

- Los riesgos potenciales que conllevan para la salud de las personas y para la ecología (por ejemplo, riesgo de padecer cáncer u otros efectos sobre la salud de las personas, pérdidas ecológicas);
- La responsabilidad que se les puede exigir a los contaminadores/propietarios empresariales (por ejemplo, el coste derivado de la remediación, los daños que se pueden ocasionar a la reputación de la empresa y a las relaciones entre la empresa y la comunidad) o partes afectadas (por ejemplo, los trabajadores, los propietarios vecinos).

Se deberá evitar la contaminación de los suelos mediante medidas de prevención y control de los escapes de materiales peligrosos, residuos peligrosos o aceites al medio ambiente. Cuando se sospecha o se tiene la confirmación de que existe contaminación de los suelos durante cualquier fase del proyecto, habrá que identificar la causa del escape no controlado que posteriormente se deberá corregir para evitar futuros escapes y los efectos adversos asociados.

Los suelos contaminados se deberán manejar para evitar los riesgos que puedan suponer para la salud de las personas y de los receptores ecológicos. La estrategia preferida para la descontaminación de los suelos es reducir el nivel de contaminación de las instalaciones a la vez que se evita la exposición de las personas a la contaminación.

Para determinar si las medidas para el manejo de los riesgos están o no garantizadas, se aplicará el siguiente método de evaluación para establecer si coexisten los tres factores de riesgo de “Contaminantes”, “Receptores y “Vías de exposición” o si es probable que coexistan, en las instalaciones del proyecto con el uso presente o futuro del suelo:

- **Contaminantes:** Presencia de concentraciones potencialmente peligrosas de materiales peligrosos, residuos o aceite en el medio ambiente
- **Receptores:** Contacto real o probable de los seres humanos, la fauna, la flora y otros organismos vivos con los contaminantes en cuestión
- **Vías de exposición:** Una combinación de la ruta de migración de los contaminantes desde su punto de escape (por ejemplo, las operaciones de lavado en aguas subterráneas o potables) y las rutas de exposición (por ejemplo, ingestión, absorción transdérmica), que permitirá a los receptores entrar en contacto real con los contaminantes

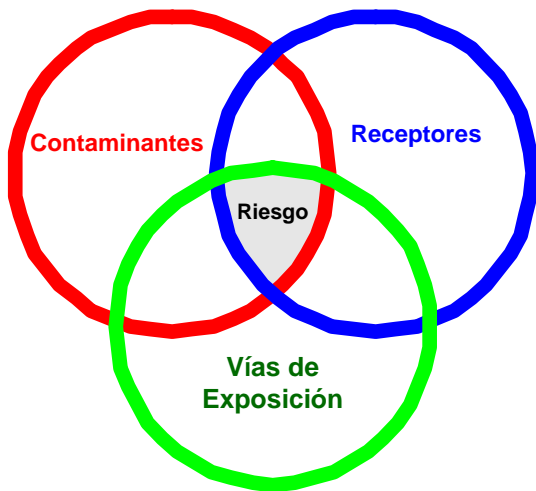


FIGURA 1.8.1: Interrelación de los factores de riesgo de los contaminantes

Cuando se considera que los tres factores de riesgo están presentes (pese a la limitación de los datos) en condiciones reales o previsibles para el futuro, se recomienda seguir los siguientes pasos (según se describe en las partes restantes de esta sección):

- 1) Identificación de los riesgos

- 2) Manejo transitorio de los riesgos
- 3) Evaluación pormenorizada de los riesgos cuantitativos
- 4) Medidas permanentes para la reducción de los riesgos

## Identificación de riesgos

Esta fase se conoce también como “formulación del problema” para la evaluación de los riesgos ambientales. Cuando existen indicios potenciales de contaminación en un emplazamiento concreto, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Identificación del emplazamiento donde se sospeche que se esté dando el nivel más alto de contaminación a través de una combinación de datos de información operacional histórica y visual
- Toma de muestras y comprobación de los medios contaminados (suelos o agua) de conformidad con los métodos técnicos establecidos aplicables al tipo supuesto contaminante<sup>57,58</sup>
- Evaluación de los resultados analíticos contrastados con los reglamentos locales y nacionales sobre emplazamientos contaminados. A falta de dichos reglamentos o normas ambientales, se consultarán otras fuentes de normas o guías basadas en riesgos para obtener criterios integrales para la identificación de las concentraciones de contaminantes en el suelo.<sup>59</sup>

<sup>57</sup> BC MOE. [http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/contam\\_sites/guidance](http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/contam_sites/guidance)

<sup>58</sup> Massachusetts Department of Environment . <http://www.mass.gov/dep/cleanup>

<sup>59</sup> Estas fuentes incluyen las tablas de USEPA Region 3 Risk-Based Concentrations (RBCs). <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>. Estas RBCs se consideran aceptables para el uso específico del suelo y los escenarios de riesgo de presencia de contaminantes ya que han sido desarrolladas por los gobiernos utilizando técnicas de evaluación del riesgo que se utilizarán como objetivos generales en la remediación del emplazamiento. Se han elaborado y adoptado PRG independientes para el suelo, sedimentos o aguas subterráneas y, con frecuencia, se establece una distinción entre los usos del suelo (como se ha observado previamente) debido a la necesidad de



- Comprobación de los posibles receptores ecológicos y humanos y de las vías de exposición pertinentes para el emplazamiento en cuestión

El resultado de la identificación de los riesgos podría revelar que no existe coincidencia alguna entre los tres factores de riesgo ya que los niveles identificados de contaminantes están por debajo de los que se consideran que suponen un riesgo para la salud de los seres humanos o para el medio ambiente. Por otro lado, podrá ser necesario que se tomen medidas provisionales o permanentes para reducir los riesgos con o sin actividades de evaluación de riesgos más pormenorizadas, según se describe a continuación.

### Manejo transitorio de los riesgos

Se deberán implementar medidas para el manejo transitorio de los riesgos en cualquier fase del ciclo de vida del proyecto si la existencia de contaminación en los suelos supone un “peligro inminente”, es decir, representa un riesgo inmediato para la salud de los seres humanos y para el medio ambiente incluso si la contaminación se prorrogase durante un corto periodo de tiempo. A continuación se enumeran algunos ejemplos de situaciones que se considera que suponen peligros inminentes:

- La presencia de una atmósfera explosiva causada por la contaminación del suelo

guías más estrictas para emplazamientos residenciales y agrícolas frente al uso comercial o industrial del suelo. Las Tablas RBC contienen Dosis de Referencia (RfD) y Factores cancerígenos (CSF) correspondientes a unos 400 productos químicos. Estos factores de toxicidad se han combinado con los escenarios de riesgo estándar para calcular las RBCs—concentraciones de productos químicos correspondientes con niveles fijos de riesgo (a saber, un Índice de Riesgo (HQ) de 1, o un riesgo de por vida de padecer cáncer de  $1E-6$ , lo que tiene lugar a una concentración más baja) en el agua, aire, los peces y el suelo para sustancias químicas individuales. Las tablas RBC se utilizan principalmente para la identificación de productos químicos durante la evaluación inicial de los riesgos (véase las Guías Regionales de la EPA EPA/903/R-93-001, “Selecting Exposure Routes and Contaminants of Concern by Risk-Based Screening”). También se pueden obtener otras directrices útiles sobre la calidad del suelo en Lijzen et al. 2001.

- Contaminación accesible y excesiva frente a la que la exposición a corto plazo y la potencia de los contaminantes podría dar lugar a condiciones graves de toxicidad, efectos irreversibles a largo plazo, sensibilización o acumulación de sustancias persistentes, bioacumulativas y tóxicas
- Concentraciones de contaminantes en niveles por encima de las concentraciones basadas en los riesgos (RBC<sup>60</sup>) o las normas para beber agua potable en el punto de extracción de agua potable

Se deberán aplicar los métodos apropiados para reducir los riesgos tan pronto como sea posible con el fin de eliminar la situación que plantea peligro inminente.

### Evaluación pormenorizada de los riesgos

Como una alternativa al cumplimiento de las normas numéricas o los objetivos de remediación preliminares, y dependiendo de los requisitos reguladores locales, se podrá utilizar una evaluación pormenorizada de los riesgos ambientales específicos del emplazamiento para crear estrategias que conviertan en aceptables los riesgos para la salud, a la vez que consiguen reducir el nivel de contaminación in situ. Se deberá tener en cuenta una evaluación de los riesgos de los contaminantes en el marco de la utilización presente y futura del suelo, y de los escenarios de desarrollo (por ejemplo, usos residenciales, comerciales, industriales y para parques urbanos o zonas silvestres).

A la identificación de los riesgos (formulación del problema) se une una evaluación cuantitativa pormenorizada de los riesgos. Implica, en primer lugar, una investigación detallada del emplazamiento para identificar el alcance de la

<sup>60</sup> Por ejemplo, Region 3 Risk-Based Concentrations (RBCs) de la USEPA. <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>.

contaminación.<sup>61</sup> Los programas de investigación del emplazamiento deberán aplicar medidas de garantía / control de calidad (QA/QC, por sus siglas en inglés) para garantizar que la calidad de la información es la adecuada para el uso pretendido de dicha información (por ejemplo, límites de detección del método se encuentran por debajo de los límites de alerta). A su vez, se deberá utilizar la investigación del emplazamiento para crear un *modelo conceptual de emplazamiento* que refleje cómo y dónde existen contaminantes, cómo se transportan y dónde surgen vías de exposición para organismos y seres humanos. Los factores de riesgo y el modelo conceptual de emplazamiento ofrecen un marco apropiado para evaluar los riesgos de presencia de contaminantes.

Las evaluaciones de los riesgos para los seres humanos y la naturaleza facilitan las decisiones sobre el manejo de los riesgos en emplazamientos contaminados. Entre los objetivos específicos de la evaluación de riesgos se incluyen los siguientes:

- Identificar los receptores humanos y ecológicos pertinentes (por ejemplo, niños, adultos, peces, fauna)
- Determinar si la presencia de contaminantes se encuentra en niveles que supongan peligros potenciales para la salud de los seres humanos o para la naturaleza (por ejemplo, niveles por encima de los criterios reguladores tomando como base las consideraciones de riesgos ambientales y de riesgos para la salud)
- Determinar de qué manera los receptores humanos o ecológicos están expuestos a los contaminantes (por

ejemplo, ingestión de sustancias contenidas en el suelo, contacto con la piel e inhalación de polvo)

- Identificar los tipos de efectos adversos que podrían surgir como consecuencia de la exposición a los contaminantes (por ejemplo, efectos en órganos específicos, cáncer, dificultades en el crecimiento o en la reproducción) a falta de normas reguladoras
- Cuantificar la magnitud de los riesgos para la salud de los receptores humanos o ecológicos en función de un estudio cuantitativo de la exposición a los contaminantes y la toxicidad (por ejemplo, calcular el riesgo de por vida a padecer cáncer o las relaciones de las tasas de exposición previstas en comparación con las tasas de exposición segura)
- Determinar la influencia del uso del suelo actual y del uso previsto para el futuro en los riesgos previstos (por ejemplo, el cambio de uso industrial a uso residencial con otros posibles receptores, como los niños)
- Cuantificar los posibles riesgos para la salud de los seres humanos y para el medio ambiente derivados de la migración de la contaminación al exterior (por ejemplo, considerar si las actividades de lixiviado y transporte de aguas subterráneas o el transporte de las aguas superficiales tiene como resultado la exposición a receptores/suelos adyacentes)
- Determinar la posibilidad de que el riesgo permanezca estable, aumente o disminuya con el tiempo a falta de cualquier remediación (por ejemplo, considerar si los contaminantes son bastante degradables y es probable que se mantengan en el lugar o si es probable que sean transportados a otros medios)<sup>62</sup>

<sup>61</sup> Algunos ejemplos incluyen procesos definidos por la American Society of Testing and Materials (ASTM) Phase II ESA Process; el British Columbia Ministry of Environment Canada (BC MOE) [http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/contam\\_sites/guidance](http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/contam_sites/guidance); y el Departamento de protección del medio ambiente de Massachusetts <http://www.mass.gov/dep/cleanup>.

<sup>62</sup> Un ejemplo de evaluación cuantitativa simplificada de los riesgos es la ASTM E1739-95(2002) Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites y la ASTM E2081-00(2004)e1 Standard Guide for

Si se abordan estos objetivos, se dispone de una base para crear e implementar las medidas para reducir los riesgos (por ejemplo, controles de limpieza in situ) en el emplazamiento. Si se diera tal necesidad, los objetivos adicionales que se describen a continuación pasarán a adquirir relevancia:

- Determinar dónde y de qué manera conceptual se aplicarán las medidas para reducir los riesgos
- Identificar las tecnologías preferidas (incluido los controles mecánicos) necesarias para aplicar las medidas conceptuales de reducción de los riesgos
- Desarrollar un plan de seguimiento para determinar si las medidas para reducir los riesgos son o no efectivas
- Considerar la necesidad y conveniencia de hacer uso de controles institucionales (por ejemplo, las limitaciones por escritura, las restricciones del uso del suelo) como parte de un enfoque global

## Medidas permanente para la reducción de los riesgos

Los factores de riesgo y el modelo conceptual de emplazamiento dentro del marco de evaluación de los riesgos por contaminantes descrito anteriormente constituyen también la base para manejar y mitigar los riesgos para la salud de los contaminantes presentes en el medio ambiente. El principio subyacente consiste en reducir, eliminar o controlar cualquiera o los tres factores de riesgo que se ilustran en la Figura 1.8.1. A continuación se incluye un listado de ejemplos de estrategias para mitigar los riesgos, aunque las estrategias reales se deberán desarrollar en función de las condiciones específicas del emplazamiento y la modalidad práctica de los factores imperantes y de las

limitaciones del emplazamiento. Sin perjuicio de las opciones de manejo seleccionadas, los planes de acción, siempre que sea posible, deberán incluir *medidas para reducir las fuentes de contaminantes* (por ejemplo, mejora del emplazamiento) como parte de la estrategia global para manejar los riesgos para la salud en emplazamientos contaminados, ya que esto solo supone la mejora de la calidad ambiental.

La Figura 1.8.2 representa un esquema de la interrelación de los factores de riesgo y las estrategias para mitigar los riesgos para la salud causados por la presencia de contaminantes mediante la modificación de las condiciones de uno o más factores de riesgo hasta reducir finalmente la exposición de los receptores a los contaminantes. El enfoque escogido deberá tener en cuenta la viabilidad técnica y económica (por ejemplo, la operabilidad de una tecnología escogida dada la disponibilidad local de equipos y expertos técnicos y sus costes asociados).

Entre los ejemplos de estrategias para mitigar el riesgo de exposición a fuentes de contaminación y a concentraciones se incluyen los siguientes:

- Suelo, sedimentos y lodos:
  - Tratamiento biológico in situ (aeróbico o anaeróbico)
  - Tratamiento químico/físico in situ (por ejemplo, extracción de los vapores del suelo con tratamiento de los gases residuales, oxidación química)
  - Tratamiento térmico in situ (por ejemplo, inyección de vapor, calentamiento en 6 fases)
  - Tratamiento biológico exterior (por ejemplo, excavación y compostaje)
  - Tratamiento físico/químico exterior (por ejemplo, excavación y estabilización)
  - Tratamiento térmico exterior (por ejemplo, excavación y desorción térmica)

Risk-Based Corrective Action (en sitios web sobre emisiones de productos químicos).

- Contención (por ejemplo, vertederos controlados)
- Atenuación natural
- Otros procesos de tratamiento
- Aguas subterráneas, aguas superficiales y lixiviados:
  - Tratamiento biológico in situ (aeróbico y anaeróbico)
  - Tratamiento físico/químico in situ (por ejemplo, inducción de aire, barrera permeable reactiva de hierro cerivalente)
  - Tratamiento biológico, físico o químico exterior (por ejemplo, extracción y tratamiento de aguas subterráneas)
  - Contención (por ejemplo, muros pantalla o tablestacas)
  - Atenuación natural
  - Otros procesos de tratamiento
- Intrusión de vapor del suelo:
  - Extracción del vapor del suelo para reducir la fuente de contaminantes por compuestos orgánicos volátiles en el suelo
  - Instalación de un sistema de despresurización bajo losa para impedir la migración de los vapores del suelo al edificio
  - Creación de un estado de presión positiva en los edificios
  - Instalación (durante la construcción del edificio) de una barrera impermeable por debajo del edificio y de una vía de circulación alternativa para los vapores del suelo por debajo de los cimientos del edificio (por ejemplo, medios porosos y ventilación para redirigir los vapores fuera del edificio)

Entre los ejemplos de estrategias de mitigación de riesgos para receptores, se incluyen:

- Limitar o impedir el acceso de los receptores a los contaminantes (las actuaciones dirigidas a los receptores incluyen la señalización con instrucciones, la instalación de vallas o la seguridad de la instalación)
- Imponer avisos sanitarios o prohibir determinadas prácticas que derivan en exposición, como la pesca, captura de cangrejos y recogida de crustáceos.
- Educar a los receptores (personas) para modificar comportamientos con el fin de reducir la exposición (por ej.: mejores prácticas laborales y utilización de prendas y equipos de protección)

Entre los ejemplos de estrategias para mitigar el riesgo en las vías de exposición:

- Facilitar un sistema de suministro de agua alternativo para sustituir, por ejemplo, los pozos de suministro de aguas subterráneas contaminadas
- Cubrir el suelo contaminado con 1 m como mínimo de suelo limpio para impedir que las personas entren en contacto con el suelo contaminado, además de impedir la introducción de las raíces de las plantas y pequeños mamíferos en los suelos contaminados
- Pavimentar el suelo contaminado como medida transitoria para impedir la vía de contacto directo o para impedir la generación e inhalación de polvo
- Utilizar zanjas de interceptación y tecnologías de tratamiento y bombeo para evitar que las aguas subterráneas contaminadas vayan a parar a los riachuelos donde se practica la pesca

Las medidas de contención a las que se ha hecho referencia anteriormente también se deberán tener en cuenta para su aplicación inmediata en situaciones en las que se prevea que la

aplicación de medidas de reducción en la fuente llevaría mucho tiempo.

### Consideraciones relativas a la higiene y seguridad ocupacional

Las labores de investigación y remediación de suelos contaminados exigen que los trabajadores sean conscientes de las situaciones de exposición ocupacional que podría suponer trabajar en contacto con suelos contaminados u otros medios ambientales (por ejemplo, aguas subterráneas, aguas residuales, sedimentos y vapores del suelo). Se deberán tomar precauciones en cuanto a higiene y seguridad ocupacional para reducir al mínimo la exposición a los riesgos, según se describe en la Sección 2 sobre Seguridad e higiene ocupacional. Además, los trabajadores de emplazamientos contaminados deberán recibir formación en materia de higiene y seguridad específica para actividades de remediación e investigación de emplazamientos contaminados.<sup>63</sup>

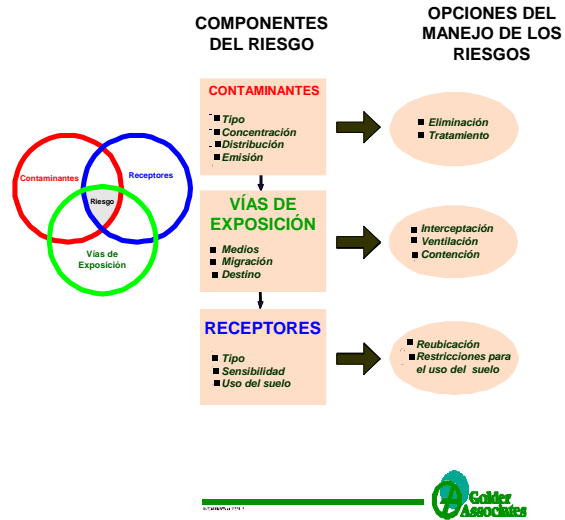


FIGURA 1.8.2 Interrelación de los factores de riesgo y las opciones de manejo

<sup>63</sup> Por ejemplo, los reglamentos de la US Occupational Safety and Health Agency (OSHA) (Agencia estadounidense para la salud e higiene ocupacional) están disponibles en 40 CFR 1910.120. [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STAN DARDS&p\\_id=9765](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STAN DARDS&p_id=9765)

## 2.0 Higiene y seguridad ocupacional

|   |    |
|---|----|
| Aplicabilidad y enfoque .....   | 70 |
| 2.1 Aspectos generales del diseño y funcionamiento de las plantas         | 71 |
| Integridad estructural de los lugares de trabajo.....                     | 71 |
| Condiciones meteorológicas adversas y parada de las instalaciones .....   | 71 |
| Área de trabajo y salidas .....   | 72 |
| Prevención de incendios.....  | 72 |
| Aseos y duchas .....  | 72 |
| Suministro de agua potable .....  | 72 |
| Zonas de comedor limpias.....   | 73 |
| Iluminación.....  | 73 |
| Acceso seguro .....   | 73 |
| Primeros auxilios .....   | 73 |
| Suministro de aire.....   | 73 |
| Temperatura del entorno de trabajo .....                                  | 74 |
| 2.2 Comunicación y formación .....  | 74 |
| Formación en el área de higiene y seguridad ocupacional                   | 74 |
| Orientación a los visitantes.....   | 74 |
| Formación para empleados y contratistas en las tareas nuevas .....        | 74 |
| Formación básica en el área de higiene y seguridad ocupacional .....      | 75 |
| Señalización de áreas .....   | 75 |
| Etiquetado del equipo .....   | 75 |
| Comunicación de códigos de riesgos .....                                  | 75 |
| 2.3 Riesgos físicos.....  | 75 |
| Piezas móviles de maquinaria .....  | 76 |
| Ruido .....   | 76 |
| Vibraciones .....   | 77 |
| Electricidad .....  | 77 |
| Riesgos para los ojos .....   | 78 |
| Soldadura / Trabajo en caliente.....                                      | 78 |
| Conducción de vehículos industriales y tráfico en las instalaciones ..... | 79 |
| Temperatura del entorno laboral .....                                     | 79 |
| Ergonomía, movimientos repetitivos, manejo manual                         | 80 |
| Trabajo en altura.....  | 80 |
| Iluminación.....  | 81 |
| 2.4 Riesgos químicos .....  | 81 |
| Calidad del aire.....   | 82 |
| Incendios y explosiones.....  | 82 |
| Productos químicos corrosivos, oxidantes y reactivos                      | 83 |
| Materiales que contienen amianto (MCA) .....                              | 83 |
| 2.5 Riesgos biológicos .....  | 84 |
| 2.6 Riesgos radiológicos.....   | 85 |
| 2.7 Equipo de protección personal (EPP).....                              | 86 |

|   |    |
|---|----|
| 2.8 Entornos de riesgo especiales .....       | 86 |
| Espacios confinados.....                      | 86 |
| Trabajo en solitario y aislamiento .....      | 87 |
| 2.9 Seguimiento.....                          | 88 |
| Seguimiento de accidentes y enfermedades..... | 89 |

### Aplicabilidad y enfoque

Empleadores y supervisores están obligados a implementar todas las medidas razonables de precaución para proteger la salud y la seguridad de los trabajadores. Esta sección proporciona orientación y ejemplos de medidas aceptables de prevención que pueden aplicarse en el manejo de los principales riesgos para la salud y la seguridad ocupacional. Si bien el objeto principal de atención es la fase operativa de los proyectos, gran parte de las recomendaciones que se ofrecen en esta sección es aplicable igualmente a las actividades de construcción y desmantelamiento. Las compañías deben trabajar con contratistas que tengan la capacidad técnica necesaria para manejar los riesgos para la salud y la seguridad de sus empleados, y deben procurar la aplicación de las actividades de manejo de riesgos por medio de los contratos formales de adquisición.

Las medidas de prevención y protección deben introducirse según el siguiente orden de prioridad:

- *Eliminación del riesgo* retirando la actividad del proceso de trabajo. Ejemplos de esta medida son la sustitución de productos químicos por otros menos peligrosos o la utilización de procesos industriales diferentes.
- *Control del riesgo* en su fuente mediante el uso de controles técnicos. Algunos ejemplos de estas medidas son los sistemas de ventilación con aspiración localizada, la utilización de salas de aislamiento, vigilancia de maquinaria, aislamiento acústico, etc.

- *Reducción del riesgo* mediante el diseño de sistemas seguros de trabajo y medidas de control administrativo o institucional. Algunos ejemplos son la rotación de personal, la formación en procedimientos laborales seguros, el proceso de bloqueo-etiquetado (*lock-out and tag-out*), el monitoreo del lugar de trabajo o la limitación de la exposición o de la duración de las tareas
- *Proporcionar los equipos de protección personal adecuados (EPP)* junto con normas sobre formación, utilización y mantenimiento del EPP.

La aplicación de medidas de prevención y control en materia de riesgos laborales debe basarse en análisis completos de la seguridad ocupacional o de los riesgos laborales. Los resultados de estos análisis se incorporarán al plan de acción y servirán para establecer las correspondientes prioridades de acuerdo con la probabilidad de que se produzca el riesgo y la gravedad de las consecuencias de la exposición a los riesgos identificados. En la Tabla 2.1.1 se muestra un ejemplo de clasificación cualitativa o matriz analítica para ayudar a establecer las prioridades.

## 2.1 Aspectos generales del diseño y funcionamiento de las plantas

### *Integridad estructural de los lugares de trabajo*

Los lugares permanentes y habituales de trabajo deben estar diseñados y equipados de acuerdo con unos criterios de protección de la salud y la seguridad ocupacional:

- Las superficies, estructuras e instalaciones deben ser fáciles de limpiar y mantener y no permitir la acumulación de sustancias peligrosas.
- Los edificios deben ser estructuralmente seguros, ofrecer la protección adecuada contra las condiciones meteorológicas y reunir unas condiciones aceptables de iluminación y ruido.

Tabla 2.1.1. Cuadro de clasificación de riesgos para clasificación de entornos de trabajo según probabilidad y gravedad de las consecuencias

| Probabilidad | Consecuencias        |            |                |             |                    |
|--------------|----------------------|------------|----------------|-------------|--------------------|
|              | Insignificantes<br>1 | Leves<br>2 | Moderadas<br>3 | Graves<br>4 | Catastróficas<br>5 |
| A. Muy alta  | L                    | M          | E              | E           | E                  |
| B. Alta      | L                    | M          | H              | E           | E                  |
| C. Moderada  | L                    | M          | H              | E           | E                  |
| D. Baja      | L                    | L          | M              | H           | E                  |
| E. Mínima    | L                    | L          | M              | H           | H                  |

*Leyenda*  
*E: riesgo extremo; se requiere acción inmediata*  
*H: riesgo alto; requiere atención por parte de la dirección*  
*M: riesgo moderado; se identificará el área responsable de su manejo*  
*L: riesgo bajo; se resolverá por los procedimientos rutinarios*

- Deben utilizarse en la mayor medida que sea posible materiales ignífugos y de aislamiento acústico en los revestimientos de techos y paredes.
- Los suelos deben tener un plano horizontal sin desniveles y ser de material antideslizante.
- La maquinaria móvil, giratoria o alternante debe estar instalada en edificios especialmente destinados a ello o en secciones aisladas estructuralmente.

### *Condiciones meteorológicas adversas y parada de las instalaciones*

- Las estructuras del lugar de trabajo deben estar diseñadas y construidas de manera que soporten los fenómenos meteorológicos habituales en la región y, en su caso, deberán contar con un área especialmente destinada a refugio de seguridad.

- Deben establecerse procedimientos estándar de operación (SOP, por sus siglas en inglés) para la parada del proyecto o del proceso y en ellos se deberá incluir un plan de evacuación. También se realizarán anualmente simulacros para practicar los procedimientos y el plan.

### Área de trabajo y salidas

- El espacio destinado a cada trabajador, y el espacio total, debe ser el adecuado para la ejecución con seguridad de todas las actividades, incluido el transporte y el almacenamiento provisional de materiales y productos.
- El paso a las salidas de emergencia debe estar libre de obstáculos en todo momento. Las salidas deben estar claramente señalizadas y ser visibles incluso en oscuridad total. El número y capacidad de las salidas de emergencia deben ser suficientes para la evacuación ordenada y segura del mayor número de personas presentes en cualquier momento y como mínimo deberá haber dos salidas en cada área de trabajo.
- El diseño y la construcción de las instalaciones deben tener también en cuenta las necesidades de las personas con discapacidad.

### Prevención de incendios

El diseño del lugar de trabajo debe evitar el estallido de incendios mediante la implementación de las normas de prevención de incendios aplicables a plantas e instalaciones industriales.

También son fundamentales las siguientes medidas:

- Equipar las instalaciones con detectores de fuego, sistemas de alarma y equipos de extinción de incendios. El equipo debe mantenerse en buen estado de uso y debe ser fácilmente accesible. Debe ser adecuado para las dimensiones y uso de las instalaciones, la maquinaria instalada, las propiedades físicas y químicas de las sustancias presentes y el número de personas presentes.

- Dotar las instalaciones de equipos manuales de extinción de incendios que sean fácilmente accesibles y sencillos de utilizar.
- Los sistemas de alarma de incendio y emergencia deben ser tanto audibles como visibles.

Las Guías generales sobre salud y seguridad en caso de incendio de la IFC deberán aplicarse a los edificios que sean de acceso público (véase la Sección 3.3).

### Aseos y duchas

- Deben proporcionarse servicios sanitarios (aseos y zonas de lavado personal) en el número necesario para las personas que se prevé que trabajen en la planta, separados para hombres y mujeres y con un mecanismo que avise cuando está "libre" u "ocupado". Los aseos estarán además dotados de agua corriente fría y caliente y los suministros adecuados de jabón y mecanismos para secado de manos.
- Cuando los trabajadores estén expuestos a sustancias tóxicas que pudieran entrar en contacto con la piel, se facilitarán duchas y vestuarios para que puedan cambiar la ropa de calle por ropa de trabajo y viceversa.

### Suministro de agua potable

- Se facilitará el suministro adecuado de agua potable por medio de fuentes con chorro de agua ascendente o cualquier otro medio higiénico para beber agua.
- El agua suministrada para las áreas de preparación de alimentos o para la higiene personal (manos o ducha) deberá cumplir los requisitos de calidad exigidos para el agua potable.



### Zonas de comedor limpias

- En las plantas donde pueda haber exposición a sustancias tóxicas, se habilitarán zonas adecuadas y limpias donde los trabajadores puedan comer sin estar expuestos a dichas sustancias.

### Iluminación

- Las áreas de trabajo deben recibir, siempre que sea posible, luz natural que deberá ser complementada con suficiente luz artificial para una mayor seguridad y salud de los trabajadores y una utilización segura de los equipos. Puede que sea necesario ofrecer una iluminación adicional para el desempeño de determinadas tareas que requieran una mayor agudeza visual.
- Se debe instalar iluminación de emergencia de intensidad adecuada que se active automáticamente en caso de corte en la fuente principal de suministro de luz artificial, para poder llevar a cabo con seguridad el procedimiento de parada de planta, de evacuación, etc.

### Acceso seguro

- Las vías de paso para peatones y vehículos dentro y fuera de los edificios deben estar perfectamente separadas y permitir un acceso fácil, seguro y adecuado.
- Los equipos e instalaciones que requieran servicio de mantenimiento y limpieza e inspección deberán tener un acceso sencillo, sin restricciones y sin obstáculos.
- Se instalarán barandas, barandas intermedias y rodapiés en escaleras, torres de trabajo, plataformas, muelles de carga, rampas, etc.
- Los hoyos y hendiduras deberán cerrarse con verjas o cadenas manipulables.
- Se instalarán, siempre que sea posible, cubiertas de seguridad para evitar la caída de objetos.

- Deberán existir medidas para impedir el acceso a zonas peligrosas a las personas no autorizadas.

### Primeros auxilios

- La empresa debe contar con un servicio de primeros auxilios prestado por personal cualificado y disponible en todo momento. Se debe poder acceder con facilidad a todos los puestos de primeros auxilios distribuidos por todo el lugar de trabajo, y estos puestos deberán estar suficientemente equipados.
- Se instalarán duchas para ojos y duchas corporales de emergencia cerca de todas las áreas de trabajo para las que se recomiende el inmediato lavado con agua como medida de primeros auxilios.
- Cuando el número de trabajadores implicados o el tipo de actividad que se desarrolla así lo requiera, se instalará una o varias salas de primeros auxilios dotadas de los equipos adecuados y necesarios para esa actividad. Los puestos y salas de primeros auxilios deberán disponer de guantes, batas y mascarillas para evitar el contacto directo con sangre y otros fluidos corporales.
- Las plantas situadas en lugares remotos deben tener procedimientos de emergencia por escrito para poder hacer frente a casos de traumatismo o enfermedad grave hasta que se pueda trasladar al herido o al enfermo a un centro sanitario adecuado.

### Suministro de aire

- Se suministrará suficiente aire fresco para las zonas de trabajo interiores y los espacios confinados. Entre los factores que se deben tener en cuenta en el diseño del sistema de ventilación es la actividad física, las sustancias que se utilizan y las emisiones relacionadas con el proceso.

Los sistemas de distribución de aire deben evitar la exposición de los trabajadores a corrientes de aire.

- Los sistemas de ventilación mecánica deberán mantenerse en buen estado de uso. Los sistemas de aspiración localizada que se requieran para mantener un ambiente seguro deberán tener indicadores locales de funcionamiento correcto.
- No debe permitirse la recirculación de aire contaminado. Los filtros de entrada de aire deben mantenerse limpios y libres de polvo y microorganismos. Los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire (HVAC) y los sistemas industriales de refrigeración por evaporación deben estar equipados y recibir el mantenimiento y utilización necesarios para impedir la proliferación y diseminación de agentes patógenos (por ejemplo, *Legionella pneumophila*) o de agentes de transmisión (por ejemplo, mosquitos y pulgas) que puedan poner en peligro la salud pública.

### Temperatura del entorno de trabajo

- La temperatura en la zona de trabajo, el área de descanso y demás instalaciones durante la jornada laboral deberá mantenerse en un nivel adecuado a las actividades desarrolladas en la planta.

## 2.2 Comunicación y formación

### Formación en el área de higiene y seguridad ocupacional

- Se debe establecer un programa de formación en el área de higiene y seguridad ocupacional para todos los nuevos empleados para tener la certeza de que conocen las normas básicas para el trabajo en la planta y la utilización del equipo de protección personal e impedir que causen daños a sus compañeros de trabajo.

- La formación debe incluir un conocimiento básico de los riesgos, los riesgos específicos de ese lugar de trabajo, las prácticas para un trabajo seguro y los procedimientos de emergencia en caso de incendio, evacuación y catástrofe natural. Cualquier código representativo de los riesgos específicos de un lugar de trabajo o código de colores que se utilice en ese lugar deberá explicarse detenidamente dentro del programa de formación.

### Orientación a los visitantes

- Si se permite el acceso de visitantes a las áreas en que puede haber riesgos o presencia de sustancias peligrosas, se deberá establecer un programa de orientación para los visitantes y un plan de control para asegurar que éstos no entren en áreas peligrosas sin acompañamiento.

### Formación para empleados y contratistas en las tareas nuevas

- La compañía debe asegurarse de que trabajadores y contratistas reciban, antes de comenzar a realizar cualquier nueva tarea o trabajo, la formación e información necesarias para conocer los riesgos del trabajo y proteger su salud de los factores ambientales peligrosos que pueda haber presentes.

Esta formación debe incluir, con la extensión necesaria:

- el conocimiento de materiales, equipos y herramientas
- los riesgos conocidos asociados a las operaciones y la forma en que son controlados
- los riesgos potenciales para la salud
- las medidas de prevención frente a estos riesgos;
- las normas de higiene
- la utilización del equipo de protección personal
- la respuesta adecuada ante situaciones extremas, incidentes o accidentes.

### *Formación básica en el área de higiene y seguridad ocupacional*

- Se deberán ofrecer programas de formación ocupacional básica y cursos especializados, según se necesite, para que los trabajadores tengan conocimiento de los riesgos específicos de la tarea desarrollada por cada uno. De manera general, la formación deberá ser impartida por miembros de la dirección, supervisores, trabajadores y visitantes ocasionales a zonas de riesgo y peligros.
- Los trabajadores que tengan asignadas tareas de rescate y primeros auxilios deberán recibir formación específica para que no agraven involuntariamente los riesgos para su salud o la de sus compañeros. Esta formación podría incluir los riesgos de infección por agentes patógenos transportados por la sangre por contacto con fluidos corporales y tejidos.
- La compañía deberá requerir contractualmente a sus proveedores de servicios o a los empleados de contratistas y subcontratistas que reciban la adecuada formación antes de comenzar el trabajo asignado, y aplicará las medidas de control necesarias para su cumplimiento.

### *Señalización de áreas*

- Las áreas peligrosas (salas de distribución de electricidad, salas de compresores, etc.), las instalaciones, los materiales, las medidas de seguridad, las salidas de emergencia, etc. deberán estar señalizadas adecuadamente.
- Las señales deben cumplir las normas internacionales y deben ser reconocibles y fácilmente comprensibles por trabajadores, visitantes o, en su caso, el público en general.

### *Etiquetado del equipo*

- Todos los recipientes que puedan contener sustancias peligrosas debido a sus propiedades químicas o toxicológicas, o que estén a temperatura o presión, deberán

llevar una etiqueta que identifique su contenido y el riesgo asociado o bien con el color correspondiente según el código de colores que esté establecido.

- De igual forma, los sistemas de conducciones y tuberías que contengan sustancias peligrosas deberán estar etiquetados con la dirección del flujo y el contenido, o con el color asignado dentro del código de colores, siempre que el paso de la tubería o conducto a través de una pared o suelo se vea interrumpido por una válvula o conexión.

### *Comunicación de códigos de riesgos*

- Se deberán colocar letreros explicativos del código de riesgos utilizado en la planta en el exterior de ésta en las puertas de entrada de emergencia y en los sistemas de conexión de emergencia, donde puedan ser vistos por el personal de los servicios de emergencia.
- Se deberá facilitar información actualizada a los servicios de emergencia y al personal de seguridad sobre las clases de materiales peligrosos almacenados, manejados o utilizados en las instalaciones, incluido el volumen máximo habitual de las existencias y el lugar de su almacenamiento, para permitir una rápida respuesta cuando sea necesario.
- Se deberá invitar a los representantes de los servicios locales de emergencia y seguridad a participar en visitas periódicas (anuales) de orientación e inspecciones en las instalaciones para que tengan conocimiento de los riesgos potenciales que presentan.

## *2.3 Riesgos físicos*

Los riesgos físicos representan una posibilidad de accidente, lesión o enfermedad debido a la exposición repetida a una acción o una tarea mecánica. Una única exposición a riesgos físicos puede tener como consecuencia una amplia variedad de lesiones, desde las que requieren sólo una atención o asistencia médica poco significativa, hasta las que pueden provocar una lesión

grave, discapacitante o incluso mortal. La exposición repetida a lo largo de periodos prolongados pueden dar lugar a lesiones discapacitantes de similar consideración y consecuencia.

### *Piezas móviles de maquinaria*

Las piezas de maquinaria pueden causar daños personales con resultado incluso de muerte si el operario queda atrapado o enganchado o es golpeado por la puesta en marcha imprevista de la máquina o un movimiento no esperado durante su funcionamiento. Las medidas de prevención recomendadas para estos riesgos incluyen las siguientes:

- El diseño de máquinas que elimine los riesgos de atrapamiento y que asegure que las extremidades de los operarios no puedan sufrir daño en condiciones normales de funcionamiento. Ejemplos de diseño adecuado son las máquinas utilizadas con ambas manos para evitar amputaciones o con botón de parada de emergencia situado en lugares estratégicos. Cuando la máquina o el equipo tiene una pieza móvil o algún elemento con el que pueda estar en contacto el operario implicando un peligro para la seguridad del trabajador, esta máquina o equipo deberá llevar instalado una guarda de seguridad o cualquier otro elemento de protección que impida la aproximación a esa pieza o elemento. Las guardas deben estar diseñadas e instaladas de acuerdo con las normas de seguridad existentes para maquinaria.<sup>64</sup>
- Implementar un proceso de bloqueo y etiquetado (*Lock Out, Tag Out*) en el que se deben cumplir los pasos de retirada, desconexión, aislamiento y eliminación de toda energía residual de la máquina con piezas móviles o en contacto con el operario o en la que se puede almacenar energía (aire

comprimido, componentes eléctricos, etc.) durante su revisión o mantenimiento, de conformidad con las normas establecidas en normativas como CSA Z460 Lock out o su equivalente ISO o ANSI.

- Diseñar e instalar equipos, siempre que sea posible, que permitan las operaciones rutinarias de mantenimiento, como lubricación, sin la retirada de las guardas de seguridad u otros mecanismos de protección.

### *Ruido*

Los límites de los niveles de ruido para diferentes entornos de trabajo se indican en la Tabla 2.3.1.

- Ningún empleado deberá estar expuesto a un nivel de ruido superior a los 85 dB(A) durante un periodo consecutivo de más de ocho horas al día sin protección auditiva. Asimismo, no se deberá permitir la exposición a un nivel máximo de presión acústica (instantáneo) de más de 140 dB(C).
- El uso de protectores auditivos debe ser obligatorio cuando el nivel de ruido en un periodo de ocho horas alcanza 85 dB(A), el nivel de pico alcanza 140 dB(C) o el nivel medio máximo de ruido llega a 110dB(A). Los protectores auditivos proporcionados deben ser capaces de reducir el nivel de ruido en el oído hasta al menos 85 dB(A).
- Si bien se prefiere el uso de protección auditiva para cualquier periodo de exposición a un nivel de ruido superior a 85 dB(A), se puede obtener un nivel de protección equivalente, aunque resulta más difícil, limitando la duración de la exposición al ruido. Por cada aumento de 3 dB(A) en el nivel de ruido, el tiempo de exposición permitido debe reducirse un 50%.<sup>65</sup>
- Antes de la distribución de los protectores auditivos como mecanismo final de control, se debe investigar e implementar, siempre que sea posible, la utilización de

<sup>64</sup> Por ejemplo: CSA Z432.04 Safe Guarding of Machinery, CSA Z434 Robot Safety, ISO 11161 Safety of Machinery – Integrated Manufacturing Systems o ISO 14121 Safety of Machinery – Principals of Risk Management o norma ANSI equivalente.

<sup>65</sup> The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2006

materiales de aislamiento acústico, aislamiento de la fuente del ruido y otros controles técnicos.

- Deberán realizarse chequeos médicos periódicos a los trabajadores expuestos a niveles altos de ruido para comprobar su capacidad auditiva.

## Vibraciones

| Lugar/actividad  | Nivel equivalente LAeq,8h | Máximo LAmax,fast |
|--|---------------------------|-------------------|
| Industria pesada (no es necesaria comunicación oral)                 | 85 dB(A)                  | 110 dB(A)         |
| Industria ligera (necesidad decreciente de comunicación oral)        | 50-65 dB(A)               | 110 dB(A)         |
| Oficinas abiertas, salas de control, mostradores o lugares similares | 45-50 dB(A)               | -                 |
| Oficinas individuales (sin ruido que perturbe)                       | 40-45 dB(A)               | -                 |
| Aulas académicas, salas de conferencia                               | 35-40 dB(A)               | -                 |
| Hospitales   | 30-35 dB(A)               | 40 dB(A)          |

La exposición a vibraciones en mano y brazo por el uso de equipos como las herramientas manuales automáticas, o a vibraciones en todo el cuerpo procedentes de la superficie sobre la cual se encuentra el trabajador de pie o sentado, deberán ser controladas mediante la elección de equipos adecuados, la instalación de alfombrillas o mecanismos de amortiguación y la limitación del tiempo de exposición. Pueden consultarse los límites de la exposición a vibraciones y los valores de actuación (es decir, el nivel de exposición en el que debe iniciarse una actuación para su reducción) en la ACGIH<sup>66</sup>. Los niveles de exposición deben comprobarse en función del tiempo diario de

exposición y los datos proporcionados por los fabricantes del equipo.

## Electricidad

La existencia de equipos o materiales eléctricos defectuosos o al descubierto, como interruptores, cuadros, cables o cordones o la utilización de herramientas manuales, pueden suponer un riesgo grave para los trabajadores. Los cables aéreos pueden ser golpeados por objetos metálicos, como poleas o escaleras, y por vehículos con chasis metálicos. Los vehículos o los objetos metálicos con toma de tierra que se encuentren cerca de cables aéreos pueden formar un arco eléctrico, sin que haya contacto entre ellos. Las medidas recomendadas para la prevención de estos riesgos son las siguientes:

- Identificar con señales de aviso todos los aparatos y líneas con carga eléctrica
- Bloquear (lock-out) (descargar la energía y dejar la pieza o máquina abierta con un dispositivo de bloqueo controlado) y etiquetar (tag-out) (colocar una etiqueta de advertencia en el sistema de bloqueo) durante las operaciones de revisión o mantenimiento
- Examinar todos los cables, cordones y herramientas manuales eléctricas para comprobar si hay cables pelados o que se hayan salido y seguir las recomendaciones del fabricante para el voltaje máximo permitido en el uso de las herramientas manuales eléctricas
- Proporcionar un doble aislamiento / puesta a tierra de todos los equipos eléctricos utilizados en entornos en los que haya o pueda haber humedad; utilizar equipos con circuitos protegidos con interruptor en caso de pérdida a tierra (GFI)
- Proteger los cables de alimentación y los alargadores de los daños que pueda causarles el tráfico con un recubrimiento de protección o suspendiéndolos por encima de la zona de tráfico

<sup>66</sup> ACGIH, 2005

Tabla 2.3.2. Zonas de acceso restringido para líneas eléctricas de alto voltaje

| Voltaje nominal de fase a fase                 | Distancia mínima |
|--|------------------|
| 750 o más voltios, pero no más de 150.000      | 3 metros         |
| Más de 150.000 voltios, pero no más de 250.000 | 4.5 metros       |
| Más de 250.000 voltios                         | 6 metros         |

- Etiquetar adecuadamente las salas de servicio que alberguen equipos de alto voltaje ("alto voltaje") y las que tengan el acceso controlado o prohibido. (Véase también en la Sección 3, Planificación, emplazamiento y diseño).
- Establecer zonas de acceso prohibido ("No acercarse") en torno a o debajo de líneas eléctricas de alto voltaje, de acuerdo con las guías de la Tabla 2.3.2.
- Los vehículos de construcción con neumáticos de goma u otros vehículos que entren en contacto directo o formen arco eléctrico con cables de alto voltaje tendrán probablemente que ser retirados de servicio durante periodos de 48 horas y se tendrán que sustituir los neumáticos para evitar un accidente por rotura del conjunto de neumáticos o llantas que podría causar daños personales graves o incluso la muerte.
- Realizar una identificación y señalización detalladas de todo el cableado eléctrico enterrado antes de iniciar cualquier trabajo de excavación

### Riesgos para los ojos

Los ojos del trabajador están expuestos al impacto de partículas sólidas emitidas en una amplia variedad de procesos industriales o a la salpicadura de un producto químico líquido, causando lesiones en los ojos e incluso la ceguera permanente. Para prevenir estos riesgos se recomiendan las siguientes medidas:

- Utilizar guardas de protección en la maquinaria o pantallas contra salpicaduras además de equipos de protección ocular como gafas de seguridad con protección lateral, gafas protectoras y visores para el rostro. Podría ser obligatoria la

aplicación de Procedimientos Específicos para la Seguridad en las Operaciones cuando se utilicen herramientas de esmerilado y lijadoras y cuando se trabaje con productos químicos líquidos. También es una buena práctica la realización de comprobaciones frecuentes para estos equipos antes de su utilización para asegurar su buen estado. Los elementos de protección de máquinas y equipos deberán ser conformes con las normas publicadas por organizaciones como CSA, ANSI e ISO (véase también la Sección 2.3, Piezas móviles de maquinaria y la Sección 2.7, Equipos de protección personal).

- Mantener las áreas en las que es razonablemente previsible que fragmentos sólidos o líquidos salgan despedidos o se produzcan emisiones de gases (por ejemplo, chispas de una estación de corte de metal o la descarga de una válvula de alivio de presión) apartadas de los lugares que se espera que estén ocupados o transitados por trabajadores o visitantes. Cuando la presencia de fragmentos de maquinaria o de obra pueda representar un peligro para trabajadores u otras personas que pasen cerca, se ampliará el área de acceso restringido o se implementarán medidas adicionales de protección o restricción de paso o bien se requerirá a los trabajadores y visitantes el uso de EPP.
- Se adoptarán medidas especiales para las personas que utilicen gafas graduadas, ya sea requiriendo el uso de gafas dobles o gafas de cristal endurecido.

### Soldadura / Trabajo en caliente

El trabajo de soldadura produce una luz extremadamente intensa y brillante que puede perjudicar gravemente la visión del operario, llegando a producirse, en casos extremos, la ceguera total.

Además, la soldadura puede producir humos tóxicos que, en caso de exposición prolongada, pueden causar graves enfermedades crónicas. Para la prevención de estos riesgos se recomiendan las siguientes medidas:

- Exigir el uso de protección ocular adecuada, como gafas de soldador o visor para el rostro a todo el personal que realice o ayude a la realización de operaciones de soldadura. Una medida adicional puede ser el uso de pantallas de protección en torno a la estación de trabajo donde se realice la soldadura (una pieza sólida de metal ligero, lona o madera contrachapada que bloquee la llegada de la luz de la soldadura a otros trabajadores). También podrían instalarse sistemas de extracción y eliminación de los humos tóxicos en origen.
- Deberán implementarse medidas especiales para trabajo en caliente y de prevención de incendios, además de procedimientos estándar de operación si el trabajo de soldadura o corte en caliente se realiza fuera de las estaciones de soldadura, como son los "Permisos para Trabajo en Caliente", extintores, sistemas de vigilancia para prevención de incendios y el mantenimiento activado del sistema de vigilancia contra incendio durante una hora después de finalizada la labor de soldadura o corte. Se requerirán procedimientos especiales para el trabajo en caliente que deba realizarse en depósitos o recipientes que hayan contenido materiales inflamables.

### *Conducción de vehículos industriales y tráfico en las instalaciones*

Los conductores de vehículos industriales con poco dominio de su conducción o poca experiencia tienen mayor riesgo de sufrir un accidente con otros vehículos, peatones y equipos. Los vehículos industriales y comerciales, así como los de uso privado que circulen por el lugar de trabajo, representan también un peligro potencial de colisión. Entre las prácticas de seguridad para la conducción de vehículos industriales y la circulación se encuentran las siguientes:

- Establecer como requisito que los operarios de vehículos industriales reciban formación, y la correspondiente licencia,

en conducción segura de vehículos especializados (por ejemplo carretilla elevadora) y tenga, entre otros, conocimientos de seguridad en operaciones de carga y descarga y límites de carga.

- Exigir a los conductores que se sometan a chequeos médicos periódicos.
- Instalar en los equipos móviles con visibilidad trasera limitada sistemas audibles de advertencia de marcha atrás.
- Establecer preferencias de paso, límites de velocidad, inspecciones obligatorias de vehículos, normas de actuación (por ejemplo, prohibición de circular con las carretillas elevadoras con las horquillas bajadas) y normas o instrucciones para control de tráfico.
- Restringir la circulación de vehículos de reparto y particulares en determinados trayectos y áreas, dando preferencia a la circulación en un sentido cuando sea conveniente.

### *Temperatura del entorno laboral*

La exposición a una temperatura alta o baja cuando se trabaja en espacios interiores o exteriores puede provocar lesiones relacionadas con el estrés por temperatura e incluso la muerte. El uso de equipos de protección personal como protección contra otros riesgos laborales puede acentuar y agravar trastornos producidos por el calor. Deberá evitarse la exposición continuada a temperaturas extremas en el entorno de trabajo mediante la implementación de controles técnicos y sistemas de ventilación. Cuando no sea posible, como cuando se tiene que realizar alguna tarea de corta duración al aire libre, se deberán implementar procedimientos de gestión del estrés causado por la temperatura que incluyen los siguientes:

- Seguimiento de las predicciones meteorológicas para el trabajo en el exterior para tener noticias con antelación de cualquier condición extrema y poder programar el trabajo de la forma más conveniente.

- Ajustar los periodos de trabajo y descanso de acuerdo con los procedimientos de gestión del estrés por temperatura elaborados por la ACGIH<sup>67</sup>, dependiendo de la temperatura y las cargas de trabajo.
- Proporcionar refugios temporales como protección contra los elementos durante la realización del trabajo o para uso como áreas de descanso.
- Utilizar ropa de protección
- Proporcionar la posibilidad de acceder fácilmente a medios de hidratación, como agua potable o bebidas electrolíticas, y evitar el consumo de bebidas alcohólicas.

### *Ergonomía, movimientos repetitivos, manejo manual*

Los daños causados por factores ergonómicos, como la realización de movimientos repetidos, el sobreesfuerzo y el manejo manual, se desarrollan a lo largo de cierto tiempo y cuando la causa que los produce se repite con frecuencia, y normalmente se necesitan varias semanas para la recuperación de quien los padece. Estos problemas deberán reducirse o eliminarse para mantener un lugar de trabajo productivo. Los controles para ello pueden incluir los siguientes:

- El diseño de la planta y el puesto de trabajo debe tener como objetivo un percentil operativo de los trabajadores de entre 5° y 95°.
- Utilizar medios de asistencia mecánica para eliminar o reducir los esfuerzos requeridos para levantar materiales, sostener herramientas y manipular objetos y que requieran la participación de varias personas para levantar peso si éste excede de los umbrales.
- Seleccionar y diseñar herramientas que reduzcan el esfuerzo necesario y los tiempos de manejo y mejorar las posturas adoptadas para su utilización.

- Proporcionar al usuario estaciones de trabajo ajustables
- Incorporar pausas para descanso y estiramiento en los procesos de trabajo y realizar rotación de personal.
- Implementar controles de calidad y programas de mantenimiento que reduzcan la fuerza y los esfuerzos necesarios.
- Tener en cuenta otras características especiales como, por ejemplo, las personas zurdas.

### *Trabajo en altura*

Se deberán aplicar medidas de prevención de caídas y de protección siempre que un trabajador esté expuesto al riesgo de caída de más de dos metros; de caída en máquina en funcionamiento; de caída en agua u otro líquido; en sustancia peligrosa; o de caída a través de un hoyo abierto en una superficie de trabajo. También podrá ser necesaria la aplicación de medidas de prevención de caídas y protección en algunos casos específicos con una altura inferior. Algunas medidas recomendadas son:

- Instalación de barandas con pasamanos, barandas intermedias y rodapiés en el borde de cualquier área con riesgo de caída.
- Utilización apropiada de escalas y andamios por personal especialmente entrenado para ello.
- Utilización de sistemas de prevención de caídas, como cinturones de seguridad y cables que limiten el desplazamiento para impedir el acceso a la zona con riesgo de caídas, o mecanismos de protección como arneses de cuerpo completo utilizados junto con cables de absorción de impacto, un dispositivo de desaceleración atado a un punto de anclaje, o una red de seguridad.
- Proporcionar la formación adecuada sobre el uso, servicio e integridad de los EPP que se necesiten.

<sup>67</sup> ACGIH, 2005



- Inclusión de planes de rescate o recuperación y equipo de respuesta en caso de caída mitigada por los sistemas de protección.

### Iluminación

La intensidad de la iluminación en las áreas de trabajo debe ser la adecuada para el uso general de cada área y cada tipo de actividad y debe estar complementada, cuando sea necesario, por medios de iluminación adicional específicos para esa área y actividad. Los límites mínimos para la intensidad de la iluminación para distintas áreas y actividades se indican en la Tabla 2.3.3.

Los controles deben incluir:

- Utilización de fuentes de luz con un consumo eficiente de energía y emisión mínima de calor
- Implementación de medidas para eliminar deslumbramientos o reflejos y el parpadeo de las luces
- Tomar precauciones para reducir y controlar radiaciones en

| Área / Actividad  | Intensidad lumínica |
|---|---------------------|
| Luz de emergencia   | 10 lux              |
| Áreas exteriores destinadas a usos no laborales   | 20 lux              |
| Accesos ocasionales (depósito de maquinaria, garaje, almacén)   | 50 lux              |
| Espacios de trabajo con tareas visuales esporádicas (pasillos, escaleras, entrada, ascensor, auditorio, etc.)   | 100 lux             |
| Trabajo de precisión moderada (montaje simple, trabajo simple en máquina, soldadura, embalaje, etc.)  | 200 lux             |
| Trabajo de precisión normal (lectura, montaje más complicado, clasificación, comprobación, trabajo más complicado en máquina o banco, etc.), oficinas | 500 lux             |
| Trabajo de alta precisión (montaje complejo, costura, inspección de color, clasificación minuciosa, etc.)   | 1.000 – 3.000 lux   |

los ojos, incluso procedentes de la luz solar directa. También

se debe controlar la exposición a radiación UV e IR de alta intensidad y de luz visible de alta intensidad.

- Control de los riesgos del uso de láser de acuerdo con las especificaciones de los equipos, certificaciones y estándares de seguridad reconocidos. Debe utilizarse la clase de láser de menor intensidad posible para reducir riesgos.

### 2.4 Riesgos químicos

Los riesgos químicos representan un peligro potencial de contraer enfermedad o sufrir daños debido a una única exposición aguda o a una exposición continua o repetida a sustancias corrosivas, sensibilizadoras u oxidativas. Representan también un riesgo de reacción no controlada, incluso con peligro de incendio o explosión, si se produce inadvertidamente la mezcla de productos químicos incompatibles. La forma más eficaz de prevenir los riesgos químicos es aplicar un enfoque jerárquico de medidas con el siguiente orden de prioridad:

- Sustitución de la sustancia peligrosa por una sustancia menos peligrosa.
- Implementación de controles técnicos y administrativos para evitar o reducir la liberación de sustancias peligrosas en el entorno de trabajo manteniendo el nivel de exposición por debajo de los límites internacionalmente establecidos o reconocidos
- Reducir al mínimo el número de trabajadores expuestos o que puedan estar expuestos
- Informar de los riesgos químicos a los trabajadores por medio de la colocación de etiquetas y señales conformes con las normas y requisitos nacionales e internacionales, incluidas International Chemical Safety Cards (ICSC), Materials Safety Data Sheets (MSDS) o normativa equivalente. Todas las comunicaciones que se hagan por escrito deberán estar redactadas con un lenguaje fácilmente comprensible y deben ser fácilmente accesibles a los trabajadores expuestos y el personal de primeros auxilios.

- Proporcionar formación a los trabajadores sobre el uso de la información disponible (como las hojas de datos técnicos) prácticas de trabajo seguro y el uso correcto de los EPP

### Calidad del aire

La mala calidad del aire debido a la presencia de contaminantes en el lugar de trabajo puede provocar en los trabajadores la irritación de las vías respiratorias, malestar o enfermedad. Las empresas deben tomar medidas adecuadas para mantener la calidad del aire en las áreas de trabajo, como, por ejemplo, las siguientes:

- Mantener los niveles de polvos, vapores y gases contaminantes en el entorno laboral en concentraciones por debajo de las recomendadas por la ACGIH<sup>68</sup> en forma de TWA-TLV (valores de umbral) —concentraciones a las que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente (8 horas al día, 40 horas a la semana, semana tras semana), sin sufrir efectos perjudiciales para la salud.
- Desarrollar y aplicar prácticas laborales para reducir la presencia de contaminantes en el entorno de trabajo, entre otras:
  - La conducción directa de materiales líquidos y gaseosos
  - La reducción del manejo de materiales en polvo
  - Realizar las operaciones en recintos específicos
  - Utilizar un sistema de aspiración localizada en los puntos de emisión o escape
  - Preferir la transferencia en vacío de material seco al transporte mecánico o neumático

- Preferir almacenamiento interior seguro con contenedores sellados a almacenamiento sin cierre de seguridad

- Cuando el aire contenga diversos materiales con efectos similares sobre los mismos órganos del cuerpo humano (efectos acumulativos), tener en cuenta las exposiciones sumadas utilizando los cálculos recomendados por la ACGIH.<sup>69</sup>
- Cuando los turnos de trabajo se prolonguen más de ocho (8) horas, hacer los cálculos ajustados a esa situación utilizando los criterios de exposición recomendados por la ACGIH.<sup>70</sup>

### Incendios y explosiones

Los incendios y explosiones provocados por la ignición de materiales o gases inflamables pueden causar tanto daños materiales como personales e incluso la muerte a los trabajadores. Entre las estrategias de prevención y control se recomiendan las siguientes:

- Almacenar materiales inflamables lejos de fuentes de ignición y materiales oxidantes. Asimismo, las áreas de almacenamiento de materiales inflamables deben:
  - Estar lejos de los puntos de entrada y salida de los edificios
  - Estar separadas de las entradas o salidas de venteo
  - Tener ventilación natural o pasiva en techo y suelo y sistema de venteo específico para prevención de explosiones
  - Utilizar accesorios y materiales resistentes a las chispas
  - Estar equipadas con equipos de extinción de incendios y puertas de cierre automático, y construidas con

<sup>68</sup> ACGIH, 2005

<sup>69</sup> ACGIH, 2005.

<sup>70</sup> ACGIH, 2005.

materiales resistentes a la acción de las llamas durante un periodo de tiempo

- Realizar la puesta a tierra de los recipientes, con la correspondiente conexión de prevención de electricidad estática entre ellos, y proporcionar ventilación mecánica adicional a ras de suelo si se realizar o pudiera realizarse trasvase de materiales en la zona de almacenamiento
- Cuando el material inflamable esté formado principalmente por polvo, proporcionar puesta a tierra, sistema de detección de chispas y, si fuera necesario, sistema de enfriamiento
- Definición y señalización de las áreas con riesgo de incendio para advertir de las normas especiales que deben cumplirse (por ejemplo, prohibición de uso de materiales fumantes, teléfonos celulares u otros equipos que puedan generar chispas)
- Proporcionar formación específica a los trabajadores sobre el manejo de materiales inflamables y sobre medidas de prevención y extinción de incendios

### *Productos químicos corrosivos, oxidantes y reactivos*

Los productos químicos corrosivos, oxidantes y reactivos presentan riesgos similares y requieren medidas de control parecidas a los de los materiales inflamables. Sin embargo, el riesgo añadido de estos productos es que la mezcla o combinación inadvertida entre sí o con otros productos puede causar reacciones muy nocivas, con la consiguiente liberación de materiales y gases inflamables o tóxicos, y provocar directamente incendios o explosiones. Este tipo de sustancias tienen además el riesgo de causar importantes daños personales en caso de contacto directo, aunque no se hayan mezclado con ninguna otra sustancia. Deberán observarse los siguientes controles en el entorno de trabajo cuando se manejen estos productos químicos:

- Los productos químicos corrosivos, oxidantes y reactivos deberán mantenerse separados de materiales inflamables y de otros productos químicos con los que sean incompatibles (ácidos frente a bases, oxidantes frente a reductores, sensibles al agua frente a basados en agua, etc.) y deberán almacenarse en áreas ventiladas y en recipientes con una contención secundaria adecuada para minimizar la mezcla en caso de derrame.
- Los trabajadores que deban manejar productos químicos corrosivos, oxidantes o reactivos deberán recibir formación especializada y recibir y utilizar equipos de protección personal adecuados (guantes, delantal, trajes anti-salpicaduras, visores o gafas protectoras, etc.).
- Cuando se utilicen, manejen o almacenen productos químicos corrosivos, oxidantes o reactivos deberá haber siempre disponible un servicio de primeros auxilios. Deberá haber puestos de primeros auxilios convenientemente equipados en lugares accesibles distribuidos por todo el lugar de trabajo y se instalarán fuentes para el lavado de ojos o duchas de emergencia cerca de todas las áreas de trabajo donde la respuesta recomendada de primeros auxilios sea el lavado inmediato con agua.

### *Materiales que contienen amianto (MCA)*

Deberá evitarse la utilización de materiales que contengan amianto (MCA) en los nuevos edificios o como material nuevo en obras de reforma o rehabilitación. Las instalaciones ya construidas en las que se hubieran empleado MCA deberán desarrollar un plan de manejo de amianto que claramente identifique los lugares donde hay presencia de MCA, su estado (por ejemplo, si se encuentra en forma enfriable con posibilidad de liberación de fibras), procedimientos para el monitoreo de su estado, procedimientos para acceder a los lugares donde haya MCA para evitar daños, y la formación que debe recibir el personal que podría entrar en contacto con el material con el fin

de evitar daños y prevenir su exposición. Este plan deberá comunicarse a todas las personas involucradas en los procesos y las actividades de mantenimiento. La reparación o retirada de MCA presentes en edificios deberá ser realizada únicamente por personal especializado<sup>71</sup> siguiendo las normas establecidas en el país donde se encuentren las instalaciones o, si no tuviera normas en este sentido, según los procedimientos internacionalmente reconocidos.<sup>72</sup>

## 2.5 Riesgos biológicos

Los agentes biológicos representan un riesgo potencial de enfermedad o lesión por exposición única aguda o por exposición continua o reiterada.. La forma más eficaz de prevenir los riesgos biológicos es la implementación de las siguientes medidas:

- Si la naturaleza de la actividad lo permite, deberá evitarse la utilización de cualquier agente biológico nocivo y sustituirse por un agente que, en condiciones normales de uso, no resulte peligroso o resulte menos peligroso para los trabajadores. Si no pudiera evitarse la utilización de agentes nocivos, se tomarán precauciones para mantener el riesgo de exposición lo más bajo posible y en cualquier caso por debajo de los límites internacionalmente establecidos y reconocidos.
- Se deberá elaborar, mantener y aplicar procesos de trabajo y controles técnicos y administrativos que eviten o reduzcan el escape de agentes biológicos al entorno de trabajo. El número de empleados expuestos o que pudieran quedar expuestos deberá mantenerse al mínimo.

<sup>71</sup> La formación de personal especializado y los métodos de mantenimiento y retirada utilizados deberán ser equivalentes a los requeridos por la normativa aplicable en Estados Unidos y Europa (ejemplos de requisitos de formación en Norteamérica pueden consultarse en <http://www.osha.gov/SLTC/asbestos/training.html>)

<sup>72</sup> Algunos ejemplos: American Society for Testing and Materials (ASTM) E 1368 - Standard Practice for Visual Inspection of Asbestos Abatement Projects; E 2356 - Standard Practice for Comprehensive Building Asbestos Surveys; y E 2394 - Standard Practice for Maintenance, Renovation and Repair of Installed Asbestos Cement Products.

- La empresa deberá examinar y evaluar la presencia conocida o sospechada de agentes biológicos en el lugar de trabajo e implementar medidas adecuadas de seguridad y programas de control, formación y verificación de formación.
- Se deberá elaborar, mantener e implementar medidas para eliminar y controlar los riesgos de la presencia conocida o sospechada de agentes biológicos en el lugar de trabajo en estrecha colaboración con las autoridades sanitarias locales y que sean conformes con las normas internacionales reconocidas.

Los agentes biológicos se deben clasificar en cuatro grupos:<sup>73</sup>

- **Grupo 1:** Agentes biológicos con poco potencial de causar enfermedades en el ser humano y que, por consiguiente, sólo requieran controles similares a los aplicados para las sustancias peligrosas o los reactivos químicos.
- **Grupo 2:** Agentes biológicos que pueden provocar enfermedades en los seres humanos y, por tanto, requieren la aplicación de controles adicionales, si bien no existe riesgo de propagación a la comunidad.
- **Grupo 3:** Agentes biológicos que pueden provocar enfermedades graves en los seres humanos, representan un serio peligro para el personal y existe el riesgo de su propagación a la comunidad, aunque para las cuales suele haber un tratamiento profiláctico o terapéutico eficaz, y por consiguiente requieren la introducción de amplias medidas adicionales de control.
- **Grupo 4:** Agentes biológicos que pueden provocar enfermedades graves en los seres humanos, representan un serio peligro para el personal y existe un riesgo elevado de propagación a la comunidad, para las cuales no suele haber un tratamiento profiláctico o terapéutico eficaz, y por

<sup>73</sup> Organización Mundial de la Salud (OMS) Classification of Infective Microorganisms by Risk Group (2004).

consiguiente requieren la introducción de medidas adicionales intensivas de control.

La empresa debe en todo momento promover y exigir el más alto nivel de higiene y protección personal, especialmente en las actividades en las que se utilicen agentes biológicos de los Grupos 3 y 4. El trabajo que se realice con estos Grupos 3 y 4 deberá estar restringido a las personas que hayan recibido previamente una formación específica y verificable para el trabajo con estos materiales y su control.

Se deberán asignar áreas específicas para el manejo de agentes biológicos de los Grupos 3 y 4, separadas completamente del resto de las instalaciones para que pueda procederse a su aislamiento en caso de emergencia, y deberán incluir sistemas

| Exposición  | Trabajadores (mínimo 19 años de edad) | Personal en prácticas y estudiantes (16-18 años de edad) |
|---|---------------------------------------|--|
| Cinco años consecutivos de media- dosis efectiva                | 20 mSv/año                            |  |
| Exposición en un solo año – dosis efectiva                      | 50 mSv/año                            | 6 mSv/año  |
| Dosis equivalente para el cristalino del ojo                    | 150 mSv/año                           | 50 mSv/año   |
| Dosis equivalente para las extremidades (manos, pies) o la piel | 500 mSv/año                           | 150 mSv/año  |

independiente de ventilación y estar sujetas a los Procedimientos Estándar de Operación que requieren la desinfección y esterilización rutinarias de las superficies de trabajo.

Los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire de las áreas en las que se trabaje con agentes biológicos de los Grupos 3 y 4 deberán estar equipados con sistemas de filtración HEPA de alta eficiencia. Los equipos deberán poder someterse fácilmente a desinfección, esterilización y

mantenimiento para evitar la proliferación y diseminación de agentes patógenos y la multiplicación de agentes biológicos o agentes transmisores, como moscas y mosquitos, que representen una amenaza para la salud pública.

## 2.6 Riesgos radiológicos

La exposición a la radiación puede causar malestar, lesiones o enfermedades graves a los trabajadores. Algunas estrategias de prevención y control son las siguientes:

- Los lugares de trabajo donde exista riesgo laboral o natural de exposición a radiación ionizante deberán habilitarse y utilizarse de acuerdo con normas y guías internacionales de seguridad generalmente aceptadas.<sup>74</sup> Los límites aceptables de dosis efectivas de radiación se indican en la Tabla 2.6.1.
- La exposición a fuentes de radiación no ionizantes (campos magnéticos estáticos, campos magnéticos de subfrecuencia de radio, campos de electricidad estática y radiación por radiofrecuencia y microondas, radiación de luz e infrarrojos, y radiación ultravioleta) deberá ser controlada para que no sobrepasen los límites internacionalmente recomendados.<sup>75</sup>
- Tanto en el caso de radiación ionizante como no ionizante, el método preferido para el control de la exposición es el uso de pantallas de protección y la limitación de la fuente de radiación. La utilización de equipo de protección personal es complementario sólo o bien para casos de emergencia. El equipo de protección personal para radiación casi infrarrojos, de luz visible y ultravioleta puede incluir cremas bloqueadoras de la luz solar, con o sin ropa especial de protección.

<sup>74</sup> International Basic Safety Standard for protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources y sus tres Guías sobre Seguridad interrelacionadas.

IAEA. <http://www-ns.iaea.org/standards/documents/default.asp?sub=160>

## 2.7 Equipo de protección personal (EPP)

El equipo de protección personal (EPP) ofrece a los empleados

| Tabla 2.7.1. Resumen de los equipos de protección personal recomendados según el riesgo |  |  |
|---|--|--|
| Objetivo  | Riesgo laboral   | EPP recomendado  |
| Protección de ojos y rostro   | Partículas despididas, salpicaduras de metal fundido, productos químicos líquidos, gases o vapor, radiación de luz | Gafas de seguridad con protección lateral, visores, etc..  |
| Protección de cabeza  | Caída de objetos, altura inadecuada y cables eléctricos aéreos   | Cascos de plástico con protección superior y lateral contra impactos   |
| Protección auditiva   | Ruido, ultrasonidos  | Protectores auditivos (auriculares, tapones)   |
| Protección de pies  | Objetos que caen o ruedan, objetos con bordes salientes. Líquidos corrosivos o calientes                           | Calzado especial de seguridad  |
| Protección de manos   | Materiales peligrosos, cortes o laceraciones, vibraciones, temperaturas extremas                                   | Guantes de goma o materiales sintéticos (neopreno), cuero, acero, materiales aislantes, etc.   |
| Protección del sistema respiratorio   | Polvo, neblina, humos, gases, vapores, emanaciones gaseosas.   | Mascarillas con filtros para eliminación de polvo y purificación del aire (productos químicos, vapores, gases y otras emanaciones). Monitores personales de control de uno o varios gases. |
|   | Falta de oxígeno   | Equipo de suministro de aire portátil o canalizado (líneas fijas)  |
| Protección de cuerpo o piernas  | Temperaturas extremas, materiales peligrosos, agentes biológicos, cortes y laceraciones                            | Ropa aislante, trajes completos de protección, delantales, etc. de materiales adecuados  |

expuestos a los riesgos laborales una protección adicional a los demás sistemas de control y seguridad de la planta.

El EPP se considera la última medida de protección, dentro de la lista de medidas establecida por orden de prioridad y ofrece al trabajador un nivel extra de protección. La Tabla 2.7.1 presenta ejemplos generales de riesgos laborales y tipos de EPP

<sup>75</sup> Por ejemplo, ACGIH (2005) and International Commission for Non-Ionizing Radiation (ICNIRP).

disponibles para cada fin. Algunas de las medidas recomendadas para el uso de EPP en el lugar de trabajo son las siguientes:

- Utilización activa de EPP si los mecanismos, planes o procedimientos alternativos no pueden eliminar o reducir suficientemente un riesgo o exposición
- Identificación y distribución del EPP más adecuado que ofrezca la protección necesaria al trabajador, los compañeros y los visitantes ocasionales, que no cause molestias innecesarias a su usuario
- Mantenimiento correcto del EPP, incluida su limpieza y su sustitución cuando esté dañado o desgastado. El uso correcto del EPP debe formar parte de los programas de formación periódicos de los empleados
- La selección del EPP debe realizarse de acuerdo con la clasificación de riesgos descrita al comienzo de esta sección y según los criterios establecidos para su desempeño y comprobación por organizaciones ampliamente reconocidas.<sup>76</sup>

## 2.8 Entornos de riesgo especiales

Los entornos de riesgo especiales son aquellas situaciones laborales en las que pueden darse todos los riesgos antes descritos en circunstancias extraordinarias o especialmente peligrosas. Por consiguiente, para su prevención es necesario adoptar medidas extraordinarias de precaución o un rigor especial en su aplicación.

### Espacios confinados

Se entiende por espacio confinado un espacio total o parcialmente cerrado no diseñado o destinado a ser ocupado por

<sup>76</sup> Algunos ejemplos son: American National Standards Institute (ANSI), <http://www.ansi.org/>; National Institute for Occupational Safety and Health<sup>76</sup> (NIOSH), <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>; Canadian Standards Association<sup>76</sup> (CSA), <http://www.csa.ca/Default.asp?language=english>; Mine Safety and Health Administration<sup>76</sup> (MSHA), <http://www.msha.gov>.

seres humanos y en el que puede formarse una atmósfera peligrosa como resultado del contenido, lugar o construcción de dicho espacio o debido al trabajo realizado en o alrededor del espacio confinado. Un espacio confinado "sujeto a permiso" es aquél que contiene además riesgos físicos o atmosféricos que podrían atrapar o afectar a una persona.<sup>77</sup>

El espacio confinado puede encontrarse en estructuras o lugares abiertos o cerrados. Una preparación incorrecta para entrar en un espacio confinado o intentar un rescate en un espacio confinado puede causar lesiones graves e incluso la muerte. Se recomiendan las siguientes actuaciones:

- Implementar medidas técnicas para eliminar, en la medida de lo posible, la existencia y la naturaleza peligrosa de los espacios confinados
- Los espacios confinados en los que sólo se puede entrar previa obtención de un permiso especial deberán estar dotados de medidas de seguridad permanentes en cuanto a ventilación, seguimiento y operaciones de rescate. El área adyacente al acceso a un espacio confinado debe proporcionar espacio suficiente para las operaciones de emergencia y rescate.
- Las compuertas de acceso deben ser capaces de permitir el paso al 90% del personal teniendo en cuenta además las herramientas y ropa de protección que pudieran llevar. Deberán consultarse las normas ISO y EN más actualizadas para comprobar las especificaciones de diseño.
- Antes de entrar en un espacio confinado sujeto a permiso:
  - Se deberán desconectar o vaciar las conducciones del proceso o las líneas de alimentación que lleguen al espacio, y se purgarán y bloquearán.

- El equipo mecánico que haya en el espacio deberá ser desconectado, vaciado de energía, bloqueado y asegurado.
- La atmósfera del espacio confinado deberá ser comprobada para asegurar que el contenido de oxígeno se encuentra entre el 19,5% y el 23% y que la presencia de cualquier gas o vapor inflamable no excede el 25% de sus respectivos Límites Explosivos Inferiores.
- Si las condiciones atmosféricas no se cumplieren, el espacio confinado deberá ser ventilado hasta alcanzar una condición segura o bien la entrada se realizará únicamente con el equipo de protección personal adicional necesario.

- Las medidas de seguridad deben incluir aparatos autónomos de respiración, cables de seguridad y personal de seguridad estacionado fuera del espacio confinado dotado del equipo de rescate y primeros auxilios necesario.
- Antes de poder solicitar a un trabajador la entrada en un espacio confinado sujeto a permiso deberá recibir formación adecuada y suficiente sobre control de riesgos en espacios confinados, comprobación de condiciones atmosféricas y utilización del EPP necesario, y antes de su acceso deberá comprobarse la integridad y buen estado del EPP. Asimismo, deberán existir planes y equipos adecuados y suficientes de rescate y recuperación antes de la entrada de un trabajador a un espacio confinado.

### *Trabajo en solitario y aislamiento*

Se entiende que un trabajador está desempeñando un trabajo en solitario y aislamiento cuando se encuentra fuera del alcance visual y de la comunicación oral con un supervisor, otros trabajadores u otras personas que puedan prestar ayuda y asistencia, por periodos consecutivos de más de una hora. En este caso, el trabajador está expuesto a un riesgo mayor si se produjera un accidente.

<sup>77</sup> US OSHA CFR 1910.146

- Cuando exista la posibilidad de tener que solicitar a un trabajador la realización de un trabajo en solitario o aislamiento, deberán desarrollarse y aplicarse Procedimientos Estándar de Operación para asegurar que todos los EPP y las medidas de seguridad están operativos antes de que el trabajador inicie el trabajo. Los Procedimientos deberán establecer, como mínimo, contacto oral con el trabajador al menos una vez cada hora y verificar que el trabajador es capaz de solicitar ayuda de emergencia.
- Si el trabajador pudiera verse expuesto a productos químicos altamente corrosivos o tóxicos, el servicio de emergencia de lavado de ojos y ducha deberá estar equipado con alarmas audibles y visibles de petición de ayuda que se activen automáticamente sin intervención del trabajador si éste utilizara el servicio de lavado o ducha.

## 2.9 Seguimiento

Los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad ocupacional deberán verificar la eficacia de las estrategias de prevención y control. Los indicadores seleccionados deberán ser representativos de los riesgos más significativos para la salud y la seguridad y de las estrategias de prevención y control. El programa de seguimiento de la higiene y la seguridad ocupacional deberá incluir:

- *Inspección, comprobación y calibración de la seguridad:* Debe incluir la inspección y la comprobación periódicas de todos los elementos de seguridad y medidas de control de riesgos, con especial atención a los elementos técnicos y de protección personal, procedimientos de trabajo, lugares de trabajo, instalaciones, equipos y herramientas. La inspección debe verificar que los EPP distribuidos siguen proporcionando la protección adecuada y que se utilizan correctamente. Todos los instrumentos instalados o utilizados para el seguimiento y el registro de los parámetros del entorno laboral deberán ser sometidos periódicamente a

comprobación y calibración, quedando reflejado en los correspondientes registros.

- *Vigilancia del entorno de trabajo:* La empresa debe registrar documentalmente el cumplimiento de estándares y normas utilizando la combinación adecuada de instrumentos portátiles y fijos de muestreo y seguimiento. La actividad de seguimiento y los análisis deben realizarse de acuerdo con los métodos y normas internacionalmente reconocidos. Se establecerán los métodos de seguimiento, los lugares, frecuencias y los parámetros específicos para cada proyecto después de realizada una evaluación de los riesgos. Por norma general, el seguimiento se llevará a cabo durante los procesos de puesta en servicio de las instalaciones o el equipo y a la finalización del periodo de defecto y responsabilidad, repitiéndose de acuerdo con el plan de seguimiento.
- *Vigilancia de la salud de los trabajadores:* Cuando se requieran medidas extraordinarias de protección (por ejemplo contra agentes biológicos de los Grupos 3 y 4 ó contra productos peligrosos), se deberá someter a los trabajadores a una revisión médica adecuada antes de la primera exposición y, posteriormente, a intervalos regulares. Esta vigilancia se mantendrá, si fuera necesario, hasta después de la finalización de la relación laboral.
- *Formación:* Se deberá llevar a cabo un seguimiento y control documental (programa, duración, participantes) de las actividades de formación ofrecidas a los empleados y visitantes. También deberán quedar registrados por escrito los ejercicios prácticos para situaciones de emergencia, incluidos simulacros de incendios. Los proveedores de servicios y los contratistas deberán quedar obligados contractualmente a presentar a la empresa la documentación que acredite de manera adecuada la formación recibida por sus empleados antes de iniciar cualquier trabajo para la empresa.



### Seguimiento de accidentes y enfermedades

- La empresa deberá establecer procedimientos y sistemas de información y registro:
  - Accidentes y enfermedades laborales
  - Incidentes y situaciones peligrosos

Estos sistemas deben permitir a los empleados informar inmediatamente a su supervisor inmediato sobre cualquier situación que crean que supone un peligro grave para la vida o la salud.
- Estos sistemas y la empresa deben también permitir y animar a los empleados a informar a la dirección de:
  - Todos los accidentes e incidentes laborales
  - Todos los casos en que se sospeche de enfermedad laboral
  - Todos los accidentes o incidentes peligrosos
- Todos los accidentes y enfermedades laborales, situaciones peligrosas e incidentes que se comuniquen deberán ser investigados con la ayuda de una persona experta o competente en seguridad laboral. La investigación deberá:
  - Establecer lo que ha sucedido
  - Determinar la causa de lo sucedido
  - Identificar las medidas necesarias para evitar que se repita
- Los accidentes y enfermedades laborales deben, como mínimo, clasificarse de acuerdo con la Tabla 2.10.1. Se hará una distinción entre accidentes fatales y no fatales. Estas dos principales categorías se dividirán en tres subcategorías de acuerdo con el momento del fallecimiento o la duración de la baja laboral. El número total de horas de trabajo durante el periodo objeto de la información deberá comunicarse al organismo regulador correspondiente.

Tabla 2.9.1. Información sobre accidentes laborales

| a. Accidentes fatales (número) | b. Accidentes no fatales (número) <sup>78</sup> | c. Total tiempo perdido por accidentes no fatales (días) |
|--------------------------------|---|--|
| a.1 Inmediata                  | b.1 Menos de un día                             |  |
| a.2 Transcurrido un mes        | b.2 Hasta 3 días                                | c.1 Categoría b.2  |
| a.3 Transcurrido un año        | b.3 Más de 3 días                               | c.2 Categoría b.3  |

<sup>78</sup> El día en que se produce el incidente no está incluido en b.2 y b.3.

## 3.0 Higiene y seguridad de la comunidad

|  |    |
|--|----|
| Aplicabilidad y enfoque .....  | 70 |
| 2.1 Aspectos generales del diseño y funcionamiento de las plantas71      |    |
| Integridad estructural de los lugares de trabajo.....                    | 71 |
| Condiciones meteorológicas adversas y parada de las instalaciones.....   | 71 |
| Área de trabajo y salidas .....  | 72 |
| Prevención de incendios.....   | 72 |
| Aseos y duchas .....   | 72 |
| Suministro de agua potable.....  | 72 |
| Zonas de comedor limpias.....  | 73 |
| Iluminación.....   | 73 |
| Acceso seguro .....  | 73 |
| Primeros auxilios .....  | 73 |
| Suministro de aire.....  | 73 |
| Temperatura del entorno de trabajo .....                                 | 74 |
| 2.2 Comunicación y formación .....                                       | 74 |
| Formación en el área de higiene y seguridad ocupacional .....            | 74 |
| Orientación a los visitantes.....  | 74 |
| Formación para empleados y contratistas en las tareas nuevas .....       | 74 |
| Formación básica en el área de higiene y seguridad ocupacional .....     | 75 |
| Señalización de áreas .....  | 75 |
| Etiquetado del equipo.....   | 75 |
| Comunicación de códigos de riesgos .....                                 | 75 |
| 2.3 Riesgos físicos.....   | 75 |
| Piezas móviles de maquinaria .....                                       | 76 |
| Ruido .....  | 76 |
| Vibraciones.....   | 77 |
| Electricidad .....   | 77 |
| Riesgos para los ojos .....  | 78 |
| Soldadura / Trabajo en caliente.....                                     | 78 |
| Conducción de vehículos industriales y tráfico en las instalaciones..... | 79 |
| Temperatura del entorno laboral .....                                    | 79 |
| Ergonomía, movimientos repetitivos, manejo manual                        | 80 |
| Trabajo en altura.....   | 80 |
| Iluminación.....   | 81 |
| 2.4 Riesgos químicos .....   | 81 |
| Calidad del aire.....  | 82 |
| Incendios y explosiones.....   | 82 |
| Productos químicos corrosivos, oxidantes y reactivos                     | 83 |
| Materiales que contienen amianto (MCA) .....                             | 83 |
| 2.5 Riesgos biológicos .....   | 84 |
| 2.6 Riesgos radiológicos.....  | 85 |
| 2.7 Equipo de protección personal (EPP).....                             | 86 |
| 2.8 Entornos de riesgo especiales.....                                   | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| Espacios confinados.....  | 86  |
| Trabajo en solitario y aislamiento .....  | 87  |
| 2.9 Seguimiento.....  | 88  |
| Seguimiento de accidentes y enfermedades.....                                       | 89  |
| 3.1 Calidad y disponibilidad del agua .....   | 91  |
| Calidad del agua.....   | 91  |
| Disponibilidad de agua .....  | 91  |
| 3.2 Seguridad estructural de la infraestructura del proyecto92                      |     |
| 3.3 Seguridad y prevención de incendios.....  | 93  |
| Aplicabilidad y enfoque.....  | 93  |
| Requisitos específicos para nuevas edificaciones ...                                | 94  |
| Prevención de incendios .....   | 94  |
| Medios de salida.....   | 94  |
| Sistemas de detección y alarma.....   | 94  |
| Compartimentación .....   | 94  |
| Extinción y control de incendios .....  | 95  |
| Plan de respuesta para emergencias.....   | 95  |
| Operación y mantenimiento.....  | 95  |
| Revisión y aprobación del Plan General de Seguridad y Prevención de Incendios ..... | 95  |
| Requisitos específicos para edificios existentes .....                              | 95  |
| Otros riesgos .....   | 96  |
| 3.4 Seguridad en el tráfico.....  | 96  |
| 3.5 Transporte de materiales peligrosos .....                                       | 97  |
| Transporte general de materiales peligrosos .....                                   | 97  |
| Principales riesgos del transporte .....  | 98  |
| Evaluación de riesgos .....   | 98  |
| Medidas para el manejo .....  | 98  |
| Medidas preventivas.....  | 99  |
| Plan de respuesta para emergencias.....   | 100 |
| 3.6 Prevención de enfermedades.....   | 100 |
| Enfermedades que deben declararse .....   | 100 |
| Enfermedades transmitidas por insectos.....   | 101 |
| 3.7 Plan de respuesta para emergencias.....   | 101 |
| Sistemas de comunicación.....   | 102 |
| Notificación a la comunidad.....  | 102 |
| Relaciones con medios de comunicación y organismos oficiales .....                  | 102 |
| Recursos para emergencias.....  | 102 |
| Fondos para la financiación de emergencias.....                                     | 102 |
| Servicios de extinción de incendios.....  | 102 |
| Servicios médicos.....  | 102 |
| Disponibilidad de recursos .....  | 103 |
| Ayuda mutua .....   | 103 |
| Lista de contacto .....   | 103 |
| Formación y actualización .....   | 103 |
| Contingencias y continuación de las actividades ...                                 | 104 |

Esta sección es un complemento de las guías que se incluyen en las anteriores secciones sobre medio ambiente e higiene y seguridad ocupacional y aborda en concreto algunos aspectos de las actividades del proyecto que tienen lugar fuera del recinto normal pero que, sin embargo, guardan relación con las operaciones del proyecto. Estas cuestiones pueden plantearse en cualquier momento del ciclo de vida de un proyecto y pueden tener consecuencias incluso después de finalizado este ciclo.

### 3.1 Calidad y disponibilidad del agua

El agua superficial y subterránea representa una fuente fundamental de agua potable y de riego en los países en desarrollo, especialmente en las áreas rurales en las que el suministro canalizado de agua puede ser limitado o incluso inexistente y en las que los recursos disponibles son utilizados por el consumidor con poco o ningún tratamiento. Las actividades del proyecto que impliquen descargas de aguas residuales, extracción de agua, desvío o formación de embalses deben prevenir los impactos en la calidad y la disponibilidad de recursos hidrológicos subterráneos y de superficie.

#### Calidad del agua

Las fuentes de agua potable, sean públicas o privadas, deben estar en todo momento protegidas para que cumplan o incluso sobrepasen las normas nacionales de potabilidad o, en su ausencia, las Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS. Las emisiones atmosféricas, los efluentes de aguas residuales, el petróleo y los materiales peligrosos y los residuos sólidos deben ser manejados de acuerdo con las guías dadas en las respectivas secciones de las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad con el objetivo de proteger el suelo y los recursos hidrológicos.

Cuando el proyecto incluya el suministro de agua a la comunidad o a usuarios de infraestructuras (como, por ejemplo, huéspedes

de un hotel o pacientes de un hospital), donde el agua puede ser utilizada para beber, cocinar, lavar y aseo personal, la calidad del agua debe cumplir las normas nacionales de calidad o, en su ausencia, las normas de la edición más actualizada de las Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS. La calidad del agua para usos con una mayor influencia sobre la salud pública, como en centros sanitarios o en plantas de procesamiento de alimentos, puede estar sujeta a guías específicas de cada sector más estrictas. Cualquier factor de dependencia asociado al suministro de agua a la comunidad local debe estar previsto y planeado con antelación para asegurar la sostenibilidad del suministro de agua, implicando a la comunidad en su manejo a fin de reducir la dependencia a largo plazo.

#### Disponibilidad de agua

El efecto potencial de la utilización de las aguas superficiales o subterráneas para actividades del proyecto deberá ser evaluado adecuadamente mediante una combinación de pruebas sobre el terreno y técnicas de creación de modelos, teniendo en cuenta la variabilidad estacional y los cambios previstos de la demanda en el área del proyecto.

Las actividades del proyecto no deben poner en peligro la disponibilidad de agua para las necesidades de salud personal y deben tener en cuenta los posibles aumentos futuros de la demanda. El objetivo general debe ser una disponibilidad de agua de 100 litros por persona al día, si bien pueden aplicarse niveles más bajos para hacer frente a las necesidades higiénicas básicas.<sup>79</sup> El volumen de agua necesario para la demanda en las áreas con impacto en la salud pública, como es el caso de los centros sanitarios, puede que tenga que ser algo superior.

<sup>79</sup> La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece los 100 litros al día por persona como la cantidad requerida para satisfacer todas las necesidades de consumo e higiene. Puede consultarse más información sobre niveles inferiores de servicio e impactos potenciales en la salud en "Domestic Water Quantity, Service Level and Health" 2003. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/en/index.html)

### 3.2 Seguridad estructural de la infraestructura del proyecto

Entre los riesgos a los que está expuesto el público cuando accede a las instalaciones del proyecto pueden citarse los siguientes:

- Traumatismo físico por fallo de edificación
- Quemaduras e inhalación de humo en caso de incendio
- Lesiones sufridas como consecuencia de caídas o contacto con maquinaria pesada
- Alteraciones del sistema respiratorio causadas por polvo, humos u olores nocivos
- Exposición a materiales peligrosos

El momento en que mejor se puede lograr la reducción de los posibles riesgos es durante la fase de diseño, en la que se pueden introducir modificaciones más fácilmente al diseño estructural, la distribución y el emplazamiento del proyecto.

Deben tenerse en cuenta las siguientes medidas en las fases de planificación, selección del emplazamiento y diseño de un proyecto:

- Inclusión de un cinturón de seguridad u otros métodos de separación física en torno al emplazamiento del proyecto, para proteger al público de los principales riesgos asociados a incidentes con materiales peligrosos o por fallos en el proceso, así como de las molestias relacionadas con ruidos, olores y otras emisiones
- Incorporación de criterios técnicos de seguridad y selección de emplazamiento para prevenir accidentes causados por riesgos naturales como terremotos, maremotos, viento, inundaciones, corrimientos de tierra e incendios. A este fin, todas las edificaciones del proyecto deben estar diseñadas de acuerdo con criterios técnicos y de diseño basados en los riesgos específicos del lugar del emplazamiento, en particular, aunque no exclusivamente, actividad sísmica,

estabilidad del terreno, intensidad de los vientos y otras cargas dinámicas.

- Aplicación de códigos y normativas de construcción locales o de reconocimiento internacional<sup>80</sup> para asegurar que las edificaciones están diseñadas y construidas de acuerdo con la buena práctica de arquitectura e ingeniería, incluidos los aspectos de la prevención de incendios y los planes de emergencia en caso de incendio.
- Los ingenieros y arquitectos responsables del diseño y la construcción de las instalaciones, edificios, plantas y otras estructuras, deben certificar la aplicabilidad y la idoneidad de los criterios estructurales utilizados.

Los códigos internacionales, como los compilados por el International Code Council (ICC)<sup>81</sup>, tienen como objeto regular el diseño, la construcción y el mantenimiento de una edificación y contienen orientación detallada sobre todos los aspectos de la seguridad en la construcción, incluyendo metodología, mejores prácticas y cumplimiento del requisito del registro documental. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, se deberán seguir las guías proporcionadas por el ICC o bien otros códigos similares, con respecto a:

- Estructuras existentes
- Suelo y cimentación
- Nivelación del emplazamiento
- Diseño estructural
- Requisitos específicos basados en el uso y la ocupación que se le va a dar
- Accesibilidad y medios de salida
- Tipos de construcción
- Diseño y construcción de tejados
- Construcción ignífuga

<sup>80</sup> ILO-OSH, 2001. <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cops/english/download/e000013.pdf>

<sup>81</sup> ICC, 2006.

- Construcción resistente a las inundaciones
- Materiales de construcción
- Ambiente interior
- Sistemas mecánico, eléctrico y de fontanería
- Ascensores y sistemas de transmisión
- Sistemas de prevención de incendios
- Medidas de protección durante la construcción
- Invasión del derecho de paso público

Si bien no es factible la realización de grandes modificaciones de diseño durante la fase de explotación de un proyecto, se pueden realizar análisis de riesgos para identificar las oportunidades de reducir las consecuencias de un fallo o un accidente. Algunos ejemplos de actuaciones de manejo aplicables al almacenamiento y uso de materiales peligrosos son:

- Reducir inventarios de materiales peligrosos mediante la introducción de cambios en el manejo de inventarios y el proceso destinados a reducir en gran parte o eliminar las posibles consecuencias fuera de la planta de un escape
- Modificar las condiciones del proceso o del almacenamiento para reducir las posibles consecuencias de un escape accidental fuera de la planta
- Mejorar el proceso de interrupción de operaciones y la contención secundaria para reducir la cantidad de material que escape de la contención y reducir la duración del escape
- Reducir la probabilidad de que se produzcan escapes introduciendo mejoras en las operaciones y los sistemas de control, así como en las actividades de mantenimiento e inspección
- Reducir los impactos de escapes fuera de la planta mediante la introducción de medidas destinadas a contener explosiones e incendios, alertar al público, planear la evacuación de las áreas circundantes, establecer zonas de seguridad en torno a las instalaciones y asegurar la prestación de servicios médicos de urgencia al público

### 3.3 Seguridad y prevención de incendios

#### Aplicabilidad y enfoque

Todos los nuevos edificios accesibles al público deben estar diseñados, construidos y utilizados de conformidad con las normativas locales sobre edificación, prevención y extinción de incendios, seguros y otras obligaciones legales y de acuerdo con la normativa internacionalmente aceptada sobre seguridad para la vida y prevención de incendios. El Life Safety Code<sup>82</sup>, que ofrece documentación abundante sobre normas relativas a la seguridad para la vida y la prevención de incendios, es un ejemplo de normativa aceptada internacionalmente y puede ser utilizado para documentar el cumplimiento de los objetivos sobre seguridad para la vida y prevención de incendios descritos en estas Guías generales. Con respecto a estos objetivos:

- Los arquitectos e ingenieros consultores de los promotores del proyecto deben demostrar que las edificaciones propuestas cumplen estos objetivos sobre seguridad y prevención de incendios.
- Deben diseñarse e instalarse sistemas de seguridad y prevención de incendios utilizando las normas establecidas o un diseño basado en el desempeño, siguiendo buenas prácticas técnicas.
- Los criterios de diseño sobre seguridad y prevención de incendios para todos los edificios existentes deben incorporar todas las normativas locales sobre edificación y prevención de incendios.

Estas guías son aplicables a los edificios accesibles al público. Son ejemplos de estos edificios:

- Los centros sanitarios y de educación

<sup>82</sup> US NFPA.  
<http://www.nfpa.org/catalog/product.asp?category%5Fname=&pid=10106&target%5Fpid=10106&src%5Fpid=&link%5Ftype=search>

- Hoteles, centros de convenciones e instalaciones de actividades de ocio
- Establecimientos comerciales
- Aeropuertos, terminales de otros transportes públicos.

### Requisitos específicos para nuevas edificaciones

La naturaleza y el alcance de los sistemas de seguridad y prevención de incendios requeridos dependerán del tipo de edificio, la estructura, la construcción, la ocupación y los riesgos a los que esté expuesto. Los promotores deberán elaborar un Plan General de Seguridad y Prevención de Incendios en el cual se establezcan los principales riesgos de incendio, las normativas y estándares aplicables y las medidas de mitigación. Este Plan General deberá ser confeccionado por un profesional debidamente cualificado y deberá tratar adecuadamente, aunque no exclusivamente, las cuestiones que se describen en los apartados siguientes. Este profesional será responsable de incluir en el Plan General con detalle suficiente las siguientes cuestiones y todas aquellas que se requieran.

### Prevención de incendios

El apartado de prevención de incendios aborda la identificación de los riesgos de incendio y las fuentes de ignición, así como las medidas necesarias para limitar la propagación rápida del fuego y la formación de humo. Incluye:

- La carga de combustible y el control de materiales combustibles
- Las fuentes de ignición
- Las características del acabado interior en relación con la propagación de llamas
- Las características del acabado interior en relación con la formación de humo
- Actos humanos, orden y limpieza y mantenimiento

### Medios de salida

El apartado de medios de salida incluye todas las medidas de diseño que facilitan la segura evacuación de los residentes y ocupantes en caso de declararse un incendio u otra emergencia, como por ejemplo:

- Vías de salida despejadas y sin obstáculos
- Accesibilidad para personas con movilidad reducida o discapacidad
- Señalización
- Iluminación de emergencia

### Sistemas de detección y alarma

Estos sistemas abarcan todas las medidas necesarias para detectar un incendio y dar la correspondiente alarma, incluidos sistemas de comunicación y megafonía, a:

- El personal del edificio
- Los equipos de emergencia
- Los ocupantes
- Los servicios de protección civil

### Compartimentación

La compartimentación hace referencia a todas las medidas para prevenir o desacelerar la propagación del fuego y el humo, incluidas las siguientes:

- Separaciones
- Muros cortafuegos
- Suelos
- Puertas
- Humidificadores
- Sistemas de control de humo

### *Extinción y control de incendios*

El apartado de extinción y control de incendios incluye todas las instalaciones automáticas y manuales para la lucha contra los incendios, como por ejemplo:

- Aspersores automáticos
- Extintores manuales portátiles
- Mangueras

### *Plan de respuesta para emergencias*

Un Plan de Respuesta para Emergencias es un conjunto de procedimientos basados en las distintas situaciones que pueden darse elaborados para ayudar al personal y el equipo de respuesta a las emergencias durante los ejercicios de entrenamiento y en situaciones reales de emergencia. Este apartado del Plan General de Seguridad y Prevención de Incendios debe incluir una evaluación de los servicios locales de prevención y extinción de incendios.

### *Operación y mantenimiento*

El apartado de operación y mantenimiento hace referencia a la preparación de calendarios para la realización obligatoria y periódica de actividades de comprobación y mantenimiento de los elementos de seguridad y prevención de incendios, para asegurar que las estructuras y los sistemas mecánicos, eléctricos y civiles cumplen en todo momento con los criterios de diseño de seguridad y tienen la capacidad operativa de respuesta que se requiere.

### *Revisión y aprobación del Plan General de Seguridad y Prevención de Incendios*

- Un profesional debidamente cualificado elabora y presenta el Plan General de Seguridad y Prevención de Incendios, con planos y especificaciones preliminares, y certifica que el diseño cumple los requisitos de estas guías. Las

conclusiones y recomendaciones que se hagan a dicho Plan servirán para establecer las condiciones de un Plan de Acción Correctora y un calendario para la implementación de los cambios.

- El profesional debidamente cualificado realiza una revisión como parte de las pruebas para la obtención de la certificación final del proyecto en el momento de realizar las pruebas de los sistemas de seguridad y prevención de incendios y su puesta en marcha y certifica que la construcción de estos sistemas se ha realizado de acuerdo con el diseño aceptado. Las conclusiones y recomendaciones de la revisión se utilizarán como base para establecer la finalización del proyecto o las condiciones de un Plan de Acción Correctora anterior a la Finalización y un calendario para la realización de los cambios.

### *Requisitos específicos para edificios existentes*

- Todas las guías y requisitos sobre seguridad y prevención de incendios aplicables a los nuevos edificios son también aplicables a los edificios ya existentes cuya rehabilitación se haya programado. Un profesional debidamente cualificado realiza una revisión completa sobre seguridad y prevención de incendios en los edificios existentes. Las conclusiones y recomendaciones de esta revisión se utilizarán como base para establecer el programa de trabajo de un Plan de Acción Correctora y un calendario para la realización de los cambios.
- Si se observa que las condiciones de seguridad y prevención de incendios son deficientes en un edificio existente que no forma parte del proyecto o que no ha sido programado para rehabilitación, un profesional debidamente cualificado podrá realizar una revisión del sistema de seguridad y prevención de incendios del edificio. Las conclusiones y recomendaciones de esta revisión se utilizarán como base

para establecer el programa de trabajo de un Plan de Acción Correctora y un calendario para la realización de los cambios.

## Otros riesgos

- Las instalaciones, edificios, plantas y estructuras deben emplazarse en un lugar que reduzca los riesgos potenciales relacionados con las fuerzas de la naturaleza (terremotos, maremotos, inundaciones, huracanes e incendios generados en áreas circundantes).
- Todas estas estructuras deben estar diseñadas de acuerdo con criterios impuestos por los riesgos específicos de la situación, la climatología y las características geológicas de la zona (por ejemplo, actividad sísmica, intensidad de los vientos y otras cargas dinámicas).
- Los ingenieros y arquitectos estructurales responsables de las instalaciones, edificios, plantas y otras estructuras, deben certificar la aplicabilidad y la idoneidad de los criterios de diseño utilizados.
- Las normativas nacionales o regionales sobre edificación contienen normalmente normas y estándares sobre seguridad y prevención de incendios<sup>83</sup> o bien estas normas están recogidas en Reglamentos de Prevención de Incendios independiente<sup>84,85</sup> De manera general, estas normativas y reglamentos incorporan otros requisitos con respecto a la metodología, la práctica, la realización de comprobaciones y otras normas.<sup>86</sup> Este material normativo nacional constituye la normativa aceptable sobre prevención de incendios.

<sup>83</sup> Por ejemplo, Australia, Canadá, Sudáfrica, Reino Unido

<sup>84</sup> Réglementation Incendie [des ERP]

<sup>85</sup> USA NFPA, 2006.

<sup>86</sup> Elaboradas por instituciones nacionales y autoridades como la American Society for Testing and Materials (ASTM), British Standards (BS), German Institute of Standardization (DIN) y French Standards (NF)

## 3.4 Seguridad en el tráfico

Los accidentes de tráfico se han convertido en una de las causas más importantes de daños y muerte en todo el mundo. La seguridad en el tráfico deberá ser promovida por todo el personal del proyecto durante los desplazamientos al y desde el lugar de trabajo y durante la utilización de maquinaria en vías públicas y privadas. La prevención y el control de las lesiones y muertes causadas por accidentes de tráfico deben incluir la adopción de medidas de seguridad que protejan a los trabajadores del proyecto y los usuarios de las carreteras, incluso los que son más vulnerables a los accidentes de tráfico.<sup>87</sup> Las iniciativas sobre seguridad en las carreteras, proporcionales a la extensión y la naturaleza de las actividades del proyecto, deben incluir:

- Adopción de las mejores prácticas en cuanto a seguridad en el transporte en todas las áreas de operaciones del proyecto, con el fin de prevenir los accidentes de tráfico y reducir las lesiones sufridas por personal del proyecto y público. Las medidas deben incluir:
  - Llamar la atención de los conductores sobre los aspectos de la seguridad
  - Mejorar la capacidad de conducción y requerir licencia a los conductores
  - Adoptar límites para la duración de los viajes y establecer turnos para evitar el cansancio
  - Evitar rutas y horas del día peligrosas para reducir el riesgo de accidente
  - Utilizar dispositivos de control de velocidad (tacómetros) en camiones y seguimiento remoto de los conductores.
- Mantenimiento periódico de vehículos y utilización de piezas aprobadas por el fabricante, para reducir el riesgo de accidente debido a mal funcionamiento de vehículos o fallo prematuro

<sup>87</sup> Véase información adicional sobre usuarios vulnerables de vías públicas en los países en desarrollo en Peden y otros, 2004.



Cuando el proyecto pueda contribuir a un aumento significativo del tráfico en las carreteras existentes, o cuando el transporte por carretera sea un componente importante del proyecto, se recomiendan las siguientes medidas:

- Reducir la interacción de los peatones con los vehículos de construcción
- Colaborar con las comunidades locales y autoridades competentes para mejorar la señalización, la visibilidad y la seguridad general de las carreteras, especialmente en los tramos cercanos a escuelas u otros lugares donde pueda haber niños. Colaborar con las comunidades locales en la educación sobre seguridad vial de vehículos y peatones (por ejemplo, mediante campañas educativas en escuelas)<sup>88</sup>
- Coordinación con los servicios de respuesta para emergencias para garantizar que se presten los primeros auxilios adecuados en caso de accidente
- Utilizar materiales de proveedores locales, siempre que sea posible, para reducir las distancias de transporte. Localizar instalaciones asociadas, como campamentos de empleados, que estén próximas al lugar del proyecto y organizar servicio de transporte colectivo en autobús para reducir el tráfico externo
- Emplear medidas de control de seguridad del tráfico, incluidas señales de carretera y personal con banderines para advertir de condiciones peligrosas

### 3.5 Transporte de materiales peligrosos

#### Transporte general de materiales peligrosos

- Los proyectos deberán tener procedimientos que aseguren el cumplimiento de las normativas nacionales e

internacionales sobre el transporte de materiales peligrosos, incluidas los siguientes:

- Normas de IATA<sup>89</sup> para transporte aéreo
- Código del MDG<sup>90</sup> para transporte marítimo
- Reglamentaciones modelo de las Naciones Unidas<sup>91</sup> de otras normas internacionales así como las normas locales para el transporte terrestre
- Los compromisos adquiridos por el país anfitrión dentro de la Convención de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación y el Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento previo para determinados productos químicos peligrosos y plaguicidas en el comercio internacional, si fueran aplicables a las actividades del proyecto.
- Los procedimientos para el transporte de materiales peligrosos deben incluir:
  - El etiquetado adecuado de los contenedores, con identificación del contenido, cantidad, riesgos e información de contacto del expedidor
  - Proporcionar un documento de embarque que describa el contenido del cargamento y los riesgos asociados, además del etiquetado de los contenedores. Este documento de embarque deberá establecer una cadena de custodia con un número de ejemplares firmados que demuestren que los residuos han sido debidamente embarcados, transportados y recibidos por la instalación de reciclaje o tratamiento.
  - Vigilar que el volumen, la naturaleza, la integridad y la protección de embalajes y contenedores utilizados para el transporte son adecuados para el tipo y la cantidad

<sup>89</sup> IATA, 2005. [www.iata.org](http://www.iata.org)

<sup>90</sup> IMO. [www.imo.org/safety](http://www.imo.org/safety)

<sup>91</sup> Naciones Unidas: Transport of Dangerous Goods - Model Regulations. 14th Revised Edition. Ginebra, 2005.  
[http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev14/14files\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev14/14files_e.html)

<sup>88</sup>Pueden consultarse otras fuentes de información para la implementación de medidas de seguridad en carretera en los documentos de la OMS, 1989, Ross et al., 1991, Tsunokawa y Hoban, 1997, y OCDE, 1999

de materiales peligrosos y los medios de transporte empleados

- Asegurar que las especificaciones de los vehículos de transporte sean adecuadas
- Proporcionar formación a los empleados involucrados en el transporte de materiales peligrosos sobre los procedimientos correctos de transporte y emergencia
- Utilizar las señales y letreros (signos externos en los vehículos de transporte) que se requieran
- Proporcionar los medios necesarios para una respuesta a emergencia las 24 horas

### Principales riesgos del transporte

Además de las medidas presentadas en el apartado anterior para la prevención o la reducción de las consecuencias del escape de materiales peligrosos, con posible resultado de contaminación tóxica, incendio, explosión u otros riesgos durante el transporte, deberán implementarse unas guías específicas relativas a los principales riesgos del transporte.

Al margen de los procedimientos ya mencionados, los proyectos que transporten materiales peligrosos *en o por encima de las cantidades límite*<sup>92</sup> deberán elaborar un Plan de Transporte de Materiales Peligrosos que contenga todos los elementos que se indican a continuación.<sup>93</sup>

### Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos debe identificar los posibles riesgos asociados al transporte de materiales peligrosos, para lo que debe revisar:

- Las características peligrosas de las sustancias identificadas durante la fase de selección
- El historial de accidentes, tanto por parte de la empresa como de sus contratistas, en los que estuvieran involucrados materiales peligrosos
- Los criterios existentes para el transporte seguro de materiales peligrosos, incluidos los sistemas de manejo ambiental utilizados por la compañía y sus contratistas

Esta revisión debe cubrir las medidas para el manejo, las medidas preventivas y los procedimientos de respuesta para emergencias que se describen a continuación. La evaluación de riesgos ayuda a determinar las medidas adicionales que se puedan necesitar para confeccionar el plan.

### Medidas para el manejo

- *Manejo del cambio:* Estos procedimientos deben abordar:
  - La base técnica de los cambios en los materiales peligrosos objeto de transporte, rutas o procedimientos
  - El impacto potencial de los cambios en la salud y la seguridad
  - La modificación necesaria en los procedimientos operativos
  - Las autorizaciones requeridas
  - Los empleados afectados
  - Las necesidades de formación
- *Auditoría de cumplimiento:* Una auditoría de cumplimiento evalúa el cumplimiento de las normas de prevención para cada ruta de transporte o para cada material peligroso. Al menos cada tres años, se deberá realizar una auditoría de cumplimiento que cubra cada elemento de las medidas de prevención (véase a continuación). El programa de auditoría debe incluir:
  - Preparación de un informe con los resultados

<sup>92</sup> Las cantidades límite para el transporte de materiales peligrosos pueden consultarse en el documento antes citado de Naciones Unidas: Transport of Dangerous Goods – Model Regulations.

<sup>93</sup> Para más información y otras recomendaciones, véase Corporación Financiera Internacional (IFC): Hazardous Materials Transportation Manual. Washington, D.C., diciembre 2000.

- Determinación y documentación de la respuesta adecuada para cada resultado
  - Constancia documental de cualquier deficiencia que haya sido corregida
  - *Investigación de incidentes:* Los incidentes pueden proporcionar información valiosa sobre los riesgos del transporte y los pasos necesarios para prevenir escapes accidentales. La implementación de procedimientos de investigación de incidentes debe asegurar que:
    - Las investigaciones se inician sin pérdida de tiempo.
    - Se incluyen sumarios de las investigaciones en un informe.
    - Se analizan las conclusiones del informe y se proponen recomendaciones.
    - Los informes son revisados con el personal y los contratistas.
  - *Participación de los empleados:* Debe implementarse un plan de acción por escrito que prevea la participación activa de los empleados en la prevención de accidentes.
  - *Contratistas:* El plan debe incluir procedimientos que aseguren que:
    - Se proporciona al contratista procedimientos para un desempeño seguro e información sobre seguridad y riesgos.
    - Los contratistas cumplen las prácticas de seguridad.
    - Se verifica la actuación responsable del contratista.
- El plan debe incluir asimismo procedimientos adicionales que aseguren que los contratistas:
- Proporcionarán la formación adecuada a sus empleados
  - Se encargarán de que sus empleados conozcan los riesgos del proceso y las medidas de emergencia aplicables.
- Elaboran y presentan constancia de la formación recibida.
  - Informan a los empleados sobre los riesgos asociados a su trabajo.
  - *Formación:* Programas adecuados de formación sobre procedimientos operativos deberán facilitar a los empleados la información necesaria para conocer cómo trabajar con seguridad y por qué se debe trabajar con seguridad. El programa de formación debe incluir:
    - La lista de los empleados que van a recibir la formación
    - Objetivos concretos de formación.
    - Mecanismos para conseguir los objetivos (es decir, talleres prácticos, vídeos, etc.)
    - Medios para determinar la eficacia del programa de formación.
    - Procedimientos de formación para empleados recién contratados y programas de reciclaje.

### Medidas preventivas

El plan debe incluir procedimientos para implementar medidas preventivas específicas para cada material peligroso objeto de transporte, incluidos los siguientes:

- Clasificación y separación de materiales peligrosos en almacenes y unidades de transporte
- Embalaje y comprobación de embalaje
- Identificación y etiquetado de paquetes que contengan materiales peligrosos
- Manejo y aseguramiento de paquetes que contengan materiales peligrosos en unidades de transporte
- Señalización y etiquetado de las unidades de transporte
- Documentación (por ejemplo, conocimientos de embarque)
- Aplicación de condiciones especiales, si fuera necesario.

### Plan de respuesta para emergencias

Es importante desarrollar procedimientos y prácticas para el manejo de materiales peligrosos que permitan dar una respuesta rápida y eficaz a cualquier accidente que pueda causar daños personales o al medio ambiente. El promotor debe elaborar un Plan de Prevención y Respuesta para Emergencias que incluya lo siguiente:

- *Coordinación de planificación:* Esta sección debe incluir procedimientos para:
  - informar al público y a los organismos de respuesta a emergencias
  - registrar por escrito los primeros auxilios y el tratamiento médico de urgencia facilitados
  - adoptar medidas de respuesta a una situación de emergencia
  - revisar y actualizar el plan de respuesta para emergencias a fin de reflejar cualquier cambio producido y asegurar que los empleados son informados de dichos cambios
- *Equipo de emergencia:* El plan debe incluir procedimientos para la utilización, inspección, comprobación y mantenimiento del equipo de respuesta para emergencias.
- *Formación:* Los empleados deben recibir formación sobre los procedimientos que se implementen.

## 3.6 Prevención de enfermedades

### Enfermedades que deben declararse

Las enfermedades que deben declararse obligatoriamente representan un peligro considerable para la salud pública de todo el mundo. Los riesgos para la salud normalmente asociados con los grandes proyectos de desarrollo son los relacionados con un saneamiento deficiente y las condiciones de vida y las enfermedades de transmisión sexual y las causadas por insectos.

Las enfermedades de declaración obligatoria que más preocupan durante la fase de construcción debido a la movilidad de los empleados son las de transmisión sexual, como el VIH/SIDA. Admitiendo de antemano que ninguna medida por sí sola es probablemente eficaz a largo plazo, las iniciativas que tienen éxito actualmente son una combinación de modificaciones de comportamiento y factores ambientales.

Las intervenciones recomendadas con relación al proyecto son las siguientes.<sup>94</sup>

- Ofrecer vigilancia y control activos y tratamiento para los empleados
- Prevenir la enfermedad entre los trabajadores en las comunidades locales:
  - llevando a cabo campañas de sensibilización sobre cuestiones sanitarias e iniciativas de educación, por ejemplo, con una estrategia de información que refuerce la interacción individualizada para abordar factores sistémicos que pueden influir en el comportamiento individual, además de promover la protección individual y la protección de los demás, frente a la infección, promoviendo el uso del preservativo
  - proporcionado a los trabajadores sanitarios formación sobre tratamiento de las enfermedades
  - realizando programas de vacunación para los trabajadores de las comunidades locales para mejorar la salud y prevenir el contagio
  - prestando servicios sanitarios
- Proporcionar tratamiento mediante el manejo estándar de los casos en centros sanitarios de la comunidad o del propio proyecto. Asegurar un fácil acceso al tratamiento médico, confidencialidad y atención adecuada, en especial para trabajadores inmigrantes.

<sup>94</sup> Entre las fuentes adicionales de información sobre prevención de enfermedades, destacan los siguientes documentos: IFC, 2006; UNDP, 2000, 2003; Walley et al., 2000; Kindhauser, 2003; Heymann, 2004.

- Promover la colaboración con las autoridades locales para mejorar el acceso de las familias de los trabajadores y la comunidad a la sanidad pública y promover campañas de vacunación.

### Enfermedades transmitidas por insectos

La reducción a largo plazo del impacto sanitario sobre los trabajadores de las enfermedades transmitidas por insectos se consigue más eficazmente mediante la adopción de medidas enfocadas a eliminar los factores que causan la enfermedad. Los promotores del proyecto, en estrecha colaboración con las autoridades sanitarias de la comunidad, han de poner en marcha estrategias integrales de control de mosquitos y de enfermedades producidas por artrópodos, que implicarían:

- La prevención de la propagación de insectos, tanto adultos como en estado larvario, por medio de mejoras en el saneamiento y de la eliminación de los hábitats de reproducción cercanos a los asentamientos humanos
  - Eliminación de las aguas pantanosas no aprovechables
  - Incremento de la velocidad del agua de los canales naturales y artificiales
  - Estudiar la posibilidad de aplicar insecticida residual en las paredes de los dormitorios
  - Implementación de programas integrados de control de insectos
  - Fomento del uso de repelentes, ropa, mallas y otras barreras que impidan la mordedura de insectos
  - Utilización de fármacos químico profilácticos por trabajadores no inmunizados y colaboración con las autoridades de la sanidad pública para ayudar a erradicar los agentes transmisores de enfermedades
  - Seguimiento y tratamiento de poblaciones desplazadas y emigrantes para prevenir la diseminación de los agentes transmisores de enfermedades
- Colaboración e intercambio de servicios con otros programas de control en el área del proyecto para maximizar los efectos beneficiosos
  - Educar al personal del proyecto y los residentes de la zona sobre los riesgos, la prevención y los tratamientos existentes
  - Llevar a cabo el seguimiento de las comunidades durante estaciones de alto riesgo para detectar y tratar casos
  - Distribuir materiales educativos adecuados
  - Seguir guías de seguridad para el almacenamiento, transporte y distribución de plaguicidas para reducir la posibilidad de mala utilización, derrames y exposición accidental de personas

### 3.7 Plan de respuesta para emergencias

Una emergencia es una situación no planificada en la que un proyecto pierde control, o podría perder el control, con el consiguiente riesgo para la salud humana, para las propiedades o para el medio ambiente, bien dentro de las instalaciones o en la comunidad local. En el apartado de emergencias no se incluyen normalmente las prácticas de trabajo seguras para problemas frecuentes o situaciones cubiertas por el área de higiene y salud ocupacional.

Todos los proyectos deben tener un Plan de respuesta para emergencias elaborado teniendo en cuenta los riesgos a los que está expuesto el proyecto y que incluye los siguientes elementos básicos:

- Administración (política, finalidad, distribución, definiciones, etc.)
- Organización de áreas de emergencia (centros de mando, puestos médicos, etc.)
- Funciones y responsabilidades
- Sistemas de comunicación
- Procedimientos de respuesta a emergencias
- Recursos para emergencias

- Formación y actualización
- Listas de comprobación (lista de funciones y acciones y lista de equipos)
- Plan de Contingencia y de Continuación de las Actividades

Sigue a continuación información adicional sobre los componentes principales del plan de emergencia.

## Sistemas de comunicación

### *Notificación a los trabajadores y otros servicios*

Se utilizarán alarmas acústicas, alarmas visuales u otras formas de comunicación para alertar en manera fiable a los trabajadores de que se ha producido una emergencia. Otras medidas relacionadas son:

- Comprobación de los sistemas de alarma al menos una vez al año (las alarmas de incendio se comprobarán mensualmente) y con mayor frecuencia si así lo requiere la normativa local, el equipo en cuestión o cualquier otra consideración
- Instalación de un sistema de reserva para las comunicaciones entre el proyecto y servicios ajenos, como los departamentos de bomberos, en el caso de que los métodos de comunicación ordinarios no funcionen durante una emergencia

### *Notificación a la comunidad*

Si una comunidad local pudiera estar en riesgo de sufrir una situación de emergencia cuyo origen estuviera en las instalaciones del proyecto, la compañía implementará medidas de comunicación para alertar a la comunidad, como por ejemplo:

- Alarmas acústicas, como timbres o sirenas
- Organización de listas de llamadas telefónicas
- Sistema de megafonía instalado en vehículos
- Comunicación de los detalles de la emergencia

- Comunicar opciones para la protección (evacuación, cuarentena)
- Facilitar asesoramiento sobre la selección de la opción de protección más conveniente

### *Relaciones con medios de comunicación y organismos oficiales*

Deberá comunicarse información sobre la emergencia a los medios a través de:

- Un portavoz local con formación específica para estas actuaciones y capacidad para interactuar con las partes interesadas y ofrecer asesoramiento a la empresa sobre su comunicación con los medios, organismos oficiales y otras entidades.
- Comunicados de prensa escritos con información exacta y el nivel de detalle que sea oportuno según la emergencia, siempre que se pueda garantizar su exactitud

## Recursos para emergencias

### *Fondos para la financiación de emergencias*

- Se deberá crear un mecanismo para la financiación de las actividades de respuesta a emergencias.

### *Servicios de extinción de incendios*

- La compañía deberá examinar la capacidad del servicio local de extinción de incendios y si el equipo puede utilizarse en las instalaciones en caso de emergencia grave o catástrofe natural. Si el servicio no fuera suficiente, deberá compensarse con la adquisición de bombas, suministros hídricos, camiones y formación de personal.

### *Servicios médicos*

- La compañía debe proporcionar personal capacitado para la prestación de primeros auxilios así como equipo médico

adecuado para el personal, el tipo de actividad y el grado de tratamiento que pueda necesitarse antes del traslado al hospital.

### Disponibilidad de recursos

Entre las medidas para el manejo de la disponibilidad de recursos en caso de emergencia se encuentran las siguientes:

- Mantener una lista de equipos externos, personal, instalaciones, financiación, conocimientos especializados y materiales que se puedan necesitar para responder en caso de emergencia. Esta lista debe incluir personal con conocimientos especializados en limpieza de vertidos, control de inundaciones, ingeniería, tratamiento de agua, ciencias ambientales, etc., o de cualquiera de las funciones requeridas para responder adecuadamente a la emergencia identificada.
- Proporcionar personal que pueda reunir rápidamente los recursos necesarios.
- Controlar y supervisar los costos asociados a los recursos para emergencias
- Estudiar la cantidad, tiempo de respuesta, capacidad, limitaciones y costo de estos recursos, para emergencias que afecten específicamente a las instalaciones o a la comunidad o la región
- Estudiar si los servicios externos tienen capacidad para prestar el servicio necesario durante una emergencia regional y si es necesario mantener recursos adicionales en las instalaciones

### Ayuda mutua

Los acuerdos de ayuda mutua reducen la carga administrativa y proporcionan una base clara para la respuesta de los proveedores de esta ayuda.

- Cuando sea conveniente, se firmarán acuerdos de ayuda mutua con otras organizaciones para el intercambio de personal y equipo especializado.

### Lista de contacto

- La compañía deberá elaborar una lista con datos de las personas de contacto para todos los recursos y personal internos y externos. Esta lista deberá incluir el nombre, cargo, ubicación y datos de contacto (teléfono, correo electrónico) de la persona de contacto para cada recurso, y se actualizará anualmente.

### Formación y actualización

Los sistemas de respuesta a emergencias y los planes de respuesta requieren un mantenimiento, revisión y actualización para que incluyan en todo momento cualquier cambio que pueda producirse en el equipo, el personal o las instalaciones. Los programas de formación y los simulacros ayudan a comprobar la eficacia de los sistemas a fin de garantizar una capacidad adecuada de respuesta a las emergencias. Estos programas deben:

- Identificar las necesidades de formación de acuerdo con las distintas funciones y responsabilidades, capacidades y requisitos del personal en una emergencia
- Desarrollar un plan de formación dirigido a satisfacer las necesidades existentes, en especial en la extinción de incendios, la respuesta a vertidos y la evacuación
- Realizar actividades anuales de formación, como mínimo, y con una frecuencia superior si la respuesta requiere un equipo o procedimientos especializados, o el tipo de riesgo, o se considera conveniente por cualquier otra razón
- Proporcionar ejercicios prácticos para que el personal tenga la oportunidad de comprobar su capacidad de respuesta, incluidos:

- Ejercicios con unos pocos miembros del personal, en los que se comprobará la eficacia de las listas de contactos y se evaluarán las instalaciones y la comunicación
- Ejercicios de respuesta, normalmente simulacros, que permitan la comprobación de equipos y logística.
- Hacer un resumen a la finalización de un ejercicio para evaluar los resultados positivos y los aspectos que necesitan mejorar
- Realizar las actualizaciones que fueran necesarias en el plan después de cada ejercicio. Deberán sustituirse los elementos del plan que hayan sufrido cambios significativos (por ejemplo, las listas de contacto).
- Llevar un registro por escrito de las actividades de formación y los resultados obtenidos

## Contingencias y continuación de las actividades

Algunas medidas para conseguir la continuación de las actividades y hacer frente a las contingencias son:

- Identificar los suministros o equipos de repuesto para permitir la continuación de las actividades tras una emergencia. Por ejemplo, es habitual buscar fuentes alternativas de agua, electricidad y combustible
- Utilizar sistemas de suministro redundantes o duplicados como parte de las operaciones ordinarias de la planta para incrementar la probabilidad de continuación normal de las actividades
- Mantener copias de seguridad de la información crítica en un lugar seguro para acelerar el proceso de vuelta a la normalidad de las operaciones tras una situación de emergencia



## 4.0 Construcción y desmantelamiento

|  |     |
|--|-----|
| 4.1 Medio ambiente .....                     | 104 |
| Ruidos y vibraciones.....                    | 104 |
| Erosión del suelo .....                      | 104 |
| Calidad del aire.....                        | 105 |
| Residuos sólidos.....                        | 106 |
| Materiales peligrosos.....                   | 106 |
| Vertidos de aguas residuales.....            | 107 |
| Suelos contaminados.....                     | 107 |
| 4.2 Higiene y seguridad ocupacional.....     | 107 |
| 4.3 Higiene y seguridad de la comunidad..... | 110 |
| Peligros generales del emplazamiento.....    | 110 |
| Prevención de enfermedades.....              | 111 |
| Seguridad del tráfico.....                   | 111 |

### Aplicabilidad y enfoque

Esta sección ofrece orientación adicional y específica sobre prevención y control de los impactos en la higiene y seguridad en la comunidad que pueden producirse durante el desarrollo de un nuevo proyecto, al final del ciclo de vida del proyecto o debido a la ampliación o modificación de las instalaciones existentes del proyecto. Se hace referencia a muchas otras secciones de las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad.

### 4.1 Medio ambiente

#### Ruidos y vibraciones

Durante las actividades de construcción y desmantelamiento, se pueden producir ruidos y vibraciones debido al funcionamiento de martinetes, equipos de excavación y equipos para movimiento de tierras, hormigoneras, grúas y transporte de los equipos, materiales y personas. A continuación se enumeran algunas estrategias recomendadas para reducir y controlar el ruido en zonas próximas a las comunidades locales:

- Planificar las actividades de acuerdo con las comunidades locales de manera que las actividades con más

posibilidades de generar un mayor ruido se realicen durante aquellas partes del día en las que se causen las menores molestias posibles

- Utilizar dispositivos de control del ruido, tales como barreras provisionales antirruído y deflectores para impactos y voladuras, además de silenciadores de escapes para los motores de combustión
- Evitar o reducir al mínimo las operaciones de transporte del proyecto a través de zonas comunitarias

#### Erosión del suelo

La erosión del suelo puede ser producida por la exposición de las superficies del suelo a la lluvia y al viento durante las actividades de limpieza del emplazamiento, movimiento de tierras y excavación. La movilización y transporte de las partículas del suelo, a su vez, pueden producir sedimentación en las redes de drenaje de superficies e influir en la calidad de los sistemas fluviales naturales y, por último, en los sistemas biológicos que hacen uso de esta agua. Entre las técnicas recomendadas para el manejo de los sistemas hidráulicos y de erosión del suelo se incluyen las siguientes:

#### Transporte y movilización de sedimentos

- Reducir o evitar la erosión:
  - Intentando evitar la exposición en periodos de fuertes precipitaciones (por ejemplo, durante la estación seca) en la medida de lo posible
  - Modelando y reduciendo al mínimo la longitud y pendiente de los taludes
  - Aplicando técnicas de acorchamiento para estabilizar las zonas expuestas
  - Replantando vegetación con carácter inmediato

- Diseñando canales y zanjas para los flujos posteriores a la construcción
- Cubriendo los canales y excavaciones (por ejemplo, utilizando mallas de yute)
- Reducir o evitar el transporte de sedimentos mediante el uso de estanques, mallas filtrantes y sistemas de tratamiento del agua y modificando o suspendiendo, en la medida de lo posible, las actividades en épocas de fuertes precipitaciones o fuertes vientos.

### *Manejo de escorrentía*

- Segregar o desviar el agua de lluvia limpia para evitar que se mezcle con aguas con alto contenido de partículas sólidas, con el fin de reducir al mínimo el volumen de agua que deberá ser tratada antes de la descarga

### *Diseño vial*

- Limitar las pendientes de las carreteras de acceso para reducir la erosión causada por la escorrentía
- Proporcionar un sistema apropiado de drenaje de carreteras en función de su ancho, el tipo de superficie, la compactación y el mantenimiento

### *Perturbaciones en las masas de agua*

- Dependiendo de la posibilidad de impactos adversos, instalar estructuras de arco (por ejemplo, puentes de un solo vano) para permitir que las carreteras salven cauces fluviales
- Limitar la duración y el ritmo de las actividades que se realizan dentro del cauce con el fin de evitar periodos críticos para los ciclos biológicos de la fauna y la flora (por ejemplo, migración, reproducción, etc.)
- Con respecto a los trabajos que se realicen dentro del cauce, se recomienda utilizar técnicas de aislamiento tales como la instalación de bermas o derivaciones durante el proceso de

construcción para limitar la exposición de las corrientes de agua a perturbaciones de los sedimentos

- Contemplar la posibilidad de utilizar técnicas de excavación sin zanjas para los cruces de calzada de tuberías (por ejemplo, cruces suspendidos) o instalar un sistema de perforación direccional

### *Estabilidad estructural (pendiente)*

- Facilitar medidas efectivas a corto plazo para estabilizar las pendientes, controlar los sedimentos y controlar las subsidencias hasta que se apliquen las medidas a largo plazo durante la fase operacional
- Instalar los sistemas de drenaje apropiados para reducir y controlar las infiltraciones

### *Calidad del aire*

Las actividades de construcción y desmantelamiento pueden dar lugar a emisiones de polvo causadas por una combinación de excavaciones in situ, el movimiento de los materiales de la tierra, el contacto de la maquinaria de construcción con el suelo sin cubierta vegetal y la exposición al viento de este tipo de suelo descubierto y de las tuberías de desagüe. Una fuente secundaria de emisiones puede ser también los gases de escape de los motores diesel de los equipos utilizados para movimientos de tierra, así como la quema al aire libre de los residuos sólidos in situ. A continuación se enumeran algunas de las técnicas recomendadas para la reducción y control de las emisiones al aire de los emplazamientos en construcción y desmantelamiento:

- Reducir el polvo generado por fuentes utilizadas para manipular los materiales, tales como máquinas transportadoras y silos, mediante el uso de cubiertas y equipos de control (técnicas de supresión de agua, cámara de filtros o ciclones)
- Reducir el polvo generado por fuentes en superficie, incluido pilas de regulación, utilizando medidas de control tales como

la instalación de cubiertas y recintos cerrados, y aumentando el porcentaje de humedad

- Se deberán utilizar técnicas para suprimir el polvo tales como la aplicación de agua o productos químicos no tóxicos para reducir el polvo generado por los movimientos de vehículos
- Eliminar de manera selectiva los posibles contaminantes atmosféricos peligrosos, tales como los asbestos, procedentes de la infraestructura existente con anterioridad a la demolición
- Manejar las emisiones de fuentes móviles de conformidad con lo estipulado en la Sección 1.1
- Evitar el quemado al aire libre de residuos sólidos (refiérase a la orientación para el manejo de residuos sólidos en la Sección 1.6)

## Residuos sólidos

Los residuos sólidos no peligrosos que se generan en las instalaciones de construcción y desmantelamiento incluyen el exceso de materiales de relleno procedentes de las actividades de calibración y excavación, trozos de madera y chatarras, así como pequeños trozos de hormigón. Otros residuos sólidos no peligrosos son los formados por residuos domésticos y de las oficinas, cuando estos tipos de operaciones formen parte de las actividades del proyecto de construcción. Entre los *residuos sólidos peligrosos* se incluyen los suelos contaminados, que se podrían encontrar en el emplazamiento debido a actividades anteriores del uso del suelo, o pequeñas cantidades de materiales de mantenimiento de maquinaria, tales como trapos con aceite, filtros de aceite usados, aceites usados, así como materiales de limpieza de vertidos de aceites y combustibles. En la Sección 1.6 se han abordado las técnicas para prevenir y controlar los residuos sólidos de los emplazamientos en construcción, tanto peligrosos como no peligrosos.

## Materiales peligrosos

Las actividades de construcción y desmantelamiento pueden constituir una posible fuente de emisiones de productos derivados del petróleo, tales como lubricantes, fluidos hidráulicos o combustibles durante su almacenamiento, traslado o utilización en los distintos equipos. Estos materiales se pueden encontrar en las actividades de desmantelamiento en los componentes de los edificios o en los equipos de procesos industriales. Las técnicas para prevenir, reducir y controlar estos impactos incluyen:

- Facilitar sistemas de contención secundaria apropiados para los depósitos de almacenamiento y para el almacenamiento provisional de otros fluidos como los aceites lubricantes y los fluidos hidráulicos
- Utilizar superficies impermeables en las zonas destinadas a la recarga de combustible y otras zonas de transporte de fluidos
- Formar a los trabajadores en las técnicas para el correcto transporte y manipulación de combustibles y productos químicos y en respuestas a los vertidos
- Facilitar equipos móviles en el emplazamiento para las operaciones de limpieza y contención de vertidos y la formación para la correcta utilización de dichos equipos
- Evaluar los contenidos de los materiales peligrosos y de los productos derivados del petróleo en los sistemas de construcción (por ejemplo, los policlorobifenilos de los equipos eléctricos, los materiales de construcción que contienen asbestos) y equipos utilizados en los procesos y eliminarlos antes de iniciar las actividades de desmantelamiento, y manejar su tratamiento y eliminación de conformidad con lo dispuesto en las Secciones 1.5 y 1.6 sobre Manejo de materiales peligrosos y residuos peligrosos, respectivamente
- Evaluar la presencia de sustancias peligrosas en los materiales de construcción (por ejemplo, policlorobifenilos, aislamientos o solados que contienen asbestos) y manejar

de manera apropiada los materiales de construcción contaminados

## Vertidos de aguas residuales

Las actividades de construcción y desmantelamiento incluyen la generación de vertidos de aguas residuales sanitarias en distintas cantidades dependiendo de la cantidad de trabajadores que participen en dichas actividades. Se deberán facilitar instalaciones fijas o provisionales destinadas al saneamiento para todos los trabajadores en todos los emplazamientos en construcción. Las aguas residuales sanitarias de los emplazamientos en construcción y de otros emplazamientos se manejarán según lo descrito en la Sección 1.3.

## Suelos contaminados

Los suelos contaminados se pueden encontrar en emplazamientos en fase de construcción o desmantelamiento debido a emisiones conocidas o desconocidas históricas de aceites o materiales peligrosos, o debido a la presencia de infraestructuras abandonadas utilizadas anteriormente para almacenar o manipular estos materiales, incluido los tanques de almacenamiento subterráneo. Las medidas necesarias para manejar el riesgo de suelos contaminados dependerán de factores tales como el nivel de contaminación y la localización de la misma, el tipo y los riesgos de medios contaminados, y el uso del suelo. Sin embargo, la estrategia básica para manejar estos materiales incluirá:

- Manejar los medios contaminados con el objetivo de proteger la higiene y seguridad de los ocupantes del emplazamiento, la comunidad vecina y el entorno posterior a la construcción o posterior al desmantelamiento
- Conocer el uso histórico del suelo en lo que respecta a la posible presencia de aceites o materiales peligrosos antes de comenzar con las actividades de construcción o desmantelamiento

- Elaborar planes y procedimientos para responder al descubrimiento de medios contaminados con el fin de reducir o reducir al mínimo el riesgo para el medio ambiente, la salud y la seguridad de acuerdo con lo dispuesto en la Sección 1.6, Suelos contaminados
- Elaboración de un plan de manejo para manejar los aceites o materiales peligrosos obsoletos o abandonados según el sistema para manejar residuos peligrosos contemplados en la Sección 1.6.

La implementación satisfactoria de cualquiera de las estrategias para el manejo apropiado exigirá la identificación y cooperación con los responsables de la contaminación.

## 4.2 Higiene y seguridad ocupacional

### Sobreesfuerzo

El sobreesfuerzo y las lesiones y enfermedades ergonómicas, tales como los movimientos repetitivos, el sobreesfuerzo y la función manual, se encuentran entre las principales causas de lesiones en los emplazamientos en construcción y desmantelamiento. Para su prevención y control se recomienda lo siguiente:

- Formar a los trabajadores en técnicas para el levantamiento y manipulación de materiales en proyectos de construcción y desmantelamiento, incluido el establecimiento de límites de peso por encima de los cuales será necesario realizar dicho levantamiento con asistencia mecánica o con la ayuda de otra persona
- Planificar el diseño del emplazamiento de trabajo para reducir la necesidad de mover manualmente mucho peso
- Seleccionar herramientas y diseñar estaciones de trabajo que reduzcan los requerimientos de fuerza y el número de veces en que se deberán levantar materiales con el fin de fomentar una mejora en cuanto a las posturas, incluido,

cuando proceda, estaciones de trabajo ajustables a las necesidades del trabajador

- Implementar controles administrativos en los procesos de trabajo, tales como la rotación de tareas o descansos para hacer estiramientos

### *Resbalones y caídas*

Los resbalones y caídas en la misma altura asociados con una mala labor de mantenimiento, como es el caso de la presencia excesiva de escombros, materiales de construcción sueltos, vertidos líquidos y el uso no controlado de cuerdas y cordones eléctricos en el suelo, se encuentran también entre las causas más frecuente de accidentes con la consecuente pérdida de tiempo para la empresa en emplazamientos en construcción y desmantelamiento. Los métodos recomendados para prevenir resbalones y caídas desde la misma altura incluyen:

- Implementar buenas prácticas de mantenimiento, tales como clasificar y colocar los materiales de construcción o demoler los escombros en zonas específicas lejos de las aceras
- Limpiar el exceso de residuos, escombros y vertidos líquidos con regularidad
- Situar las cuerdas y cordones eléctricos en zonas comunes destinadas a tal fin
- Utilizar calzado antideslizante

### *Trabajo en altura*

Las caídas desde sitios elevados asociadas a los trabajos realizados con escaleras, andamios y estructuras parcialmente construidas o demolidas, se encuentran entre las principales causas de lesiones que derivan en fallecimiento o incapacidad permanente en los emplazamientos en construcción o desmantelamiento. Si existe riesgo de caída, se deberá aplicar un plan de protección frente a las caídas, el cual incluirá uno o más

de los aspectos siguientes, dependiendo de la naturaleza del riesgo de caída<sup>95</sup>:

- Formación y utilización de dispositivos provisionales de prevención de caídas, tales como barandas u otras barreras capaces de soportar un peso de 200 libras, cuando se trabaje en alturas iguales o superiores a dos metros o a cualquier altura si el riesgo incluye caídas en maquinaria, en agua u otros líquidos, o en otras sustancias peligrosas, a través de una hendidura de la superficie de trabajo
- Formación y uso de sistemas de detención personal de caídas, tales como arneses de cuerpo entero y absorbedores de energía con elemento de agarre integrado capaces de soportar 5.000 libras de peso (descritos también en la sección anterior sobre trabajo en altura), así como procedimientos para el rescate de caídas para tratar a los trabajadores cuya caída se ha podido detener de manera satisfactoria. El amarre del sistema de detención de caídas debe tener capacidad de soportar un peso de 5.000 libras
- Utilización de sistemas de seguimiento de seguridad y zonas de control que avisen a los trabajadores de su proximidad a zonas con peligro de caídas, además de asegurar, marcar y etiquetar debidamente las hendiduras de los suelos, tejados o superficies para caminar

### *Golpes con objetos*

Las actividades de construcción y demolición son objeto de peligros significativos asociados a las posibles caídas de materiales o herramientas, así como a expulsiones de partículas sólidas procedentes de maquinaria abrasiva o de otro tipo y que pueden tener como consecuencia lesiones en la cabeza, ojos y extremidades. Las técnicas para prevenir y controlar estos riesgos incluyen:

<sup>95</sup> En el sitio web de la United States Occupational Health and Safety Administration's (US OSHA) se puede encontrar información adicional sobre la identificación de los riesgos de caídas y la elaboración de los sistemas de

- Utilizar zonas de descarga o especialmente designadas y restringidas para deshacerse de los residuos y una rampa para el movimiento seguro de los residuos desde los niveles superiores hasta los inferiores
- Llevar a cabo las operaciones de serrado, corte, triturado, lijado, astillado o burilado con las medidas de protección y con los anclajes apropiados
- Mantener vías de tránsito debidamente delimitadas para evitar que la maquinaria pesada pase por zonas donde haya desperdicios sueltos
- Utilizar medidas provisionales de protección frente a caídas en andamios y en los extremos de las superficies de trabajo en altura, tales como pasamanos y tablas de pie para evitar que los materiales se desplacen
- Evacuar las zonas de trabajo durante las operaciones de voladuras y utilizar esteras para voladuras u otros sistemas de refracción para reducir al mínimo la expulsión de piedras o escombros procedentes de la demolición, si dicha operación se realiza en zonas próximas a personas o estructuras
- Llevar los EPP apropiados, tales como gafas de seguridad con pantallas laterales de protección, protectores faciales, cascos y calzado de seguridad

### *Maquinaria móvil*

El tráfico de vehículos y la utilización de equipos de elevación en el traslado de maquinaria y materiales en los emplazamientos en los que se están llevando a cabo actividades de construcción pueden implicar peligros provisionales, tales como contacto físico, vertidos, emisiones de polvo y ruidos. Los operadores de maquinaria pesada tienen un campo de visión muy limitado en la zona próxima a su equipo y es posible que no accedan a ver a las personas que van a pie en las zonas próximas a su vehículo. Los

vehículos articulados por el centro crean una zona de peligros significativos de impacto o aplastamiento en la parte lateral exterior del giro cuando están en movimiento. Entre las técnicas utilizadas para prevenir y controlar estos impactos se incluyen las siguientes:

- Planificar y separar las zonas destinadas al tránsito de vehículos y las zonas destinadas a operaciones con maquinaria de las zonas destinadas a caminar, y controlar el tránsito de vehículos mediante la utilización de rutas de un solo sentido, fijación de límites de velocidad y con la asistencia de personal in situ, debidamente formado y con chalecos de alta visibilidad o ropas especialmente diseñadas para dirigir el tráfico
- Asegurarse de que se puede ver claramente al personal que está trabajando en el emplazamiento mediante el uso por parte de éstos de chalecos de alta visibilidad cuando están trabajando o caminando por zonas en las que se trabaja con maquinaria pesada, y educar a los trabajadores para que verifiquen el contacto visual con los operadores de los equipos antes de aproximarse al vehículo en cuestión
- Asegurarse de que la maquinaria móvil cuenta con alarmas de seguridad audibles
- Utilizar equipos de elevación a los que se les haya realizado las inspecciones necesarias, que estén en perfecto estado de mantenimiento y que resulten apropiados para la carga en cuestión, como es el caso de las grúas, y asegurar la carga antes de subirla al emplazamientos de trabajo situados en zonas más elevadas.

### *Polvo*

- Se deberán aplicar técnicas para suprimir el polvo, tales como la aplicación de agua o productos no tóxicos para reducir al mínimo el polvo que levantan los vehículos en movimiento.

protección frente a dichas caídas:  
<http://www.osha.gov/SLTC/fallprotection/index.html>

- Se deberá utilizar EPP, tales como mascarillas, cuando los niveles de polvo sean excesivos.

### *Excavaciones y espacios confinados*

A continuación se enumeran algunos ejemplos de espacios confinados que se pueden encontrar en los emplazamientos en construcción o demolición: silos, cubas, tolvas, tanques subterráneos, tanques, alcantarillas, conductos y pozos de acceso. Las zanjas y fosas también se pueden considerar espacios confinados cuando el acceso o la salida es limitada. Además de las medidas preventivas contempladas en la Sección 2.8, los peligros ocupacionales asociados a las excavaciones y espacios confinados en emplazamientos en construcción y desmantelamiento se deberán evitar siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Controlar los factores propios del emplazamiento que puedan contribuir a provocar inestabilidad en las pendientes de la excavación, incluido, por ejemplo, la utilización de desagües en la excavación, el sostén a las paredes y los ajustes de la inclinación de la pendiente que eliminan o reducen al mínimo el riesgo de hundimiento, atrapamiento o ahogamiento
- Facilitar medios seguros de acceso a las excavaciones y salida de las mismas, tales como pendientes y rutas de acceso niveladas o escaleras
- Evitar el funcionamiento de equipos de combustión durante periodos prolongados en el interior de las excavaciones en donde otros trabajadores están obligados a entrar, salvo que dicha zona esté debidamente ventilada

### *Otros peligros propios de estos emplazamientos*

Los emplazamientos en construcción y demolición conllevan un riesgo de exposición a polvo, productos químicos, materiales inflamables o peligrosos y a una combinación de residuos

líquidos, sólidos y gaseosos, que se deberá evitar a través de la implementación de planes específicos para cada proyecto y otras prácticas de manejo aplicables, entre las que se incluyen las siguientes:

- Utilización de personal especialmente formado para identificar y retirar los residuos de los depósitos, recipientes, equipos de procesamiento o suelos contaminados como primer paso de las actividades de desmantelamiento para permitir llevar a cabo la excavación, construcción, desmantelamiento o demolición de manera segura
- Utilización de personal especialmente formado para identificar y eliminar de manera selectiva los materiales potencialmente peligrosos de los componentes del edificio antes de proceder al desmantelamiento o demolición, incluido, por ejemplo, los aislamientos o elementos estructurales que contengan asbestos y policlorobifenilos o componentes eléctricos que contienen mercurio<sup>96</sup>
- Utilización de EPP específicos para la manipulación de residuos tomando como base los resultados de un estudio de evaluación de la higiene y la seguridad ocupacional, incluido respiradores, ropas protectoras, guantes y protección para la vista

## *4.3 Higiene y seguridad de la comunidad*

### *Peligros generales del emplazamiento*

Los proyectos deberán aplicar estrategias de manejo de los riesgos para proteger a la comunidad de los peligros físicos, químicos o de otro tipo asociados a los emplazamientos en construcción o desmantelamiento. Los riesgos pueden ser ocasionados por la violación de paso, casual o intencionada, incluido el posible contacto con materiales peligrosos, suelos u

<sup>96</sup> En las Normas ASTM E2356 y E1368 se puede encontrar información adicional sobre el manejo y retirada de los materiales de construcción que contienen asbestos

otros medios ambientales contaminados, edificios vacíos o en construcción, así como excavaciones y estructuras que pueden implicar peligros de caídas o atrapamientos. Entre las estrategias de manejo de riesgos se incluyen las siguientes:

- Restringir el acceso al emplazamiento, a través de una combinación de controles administrativos e institucionales, con especial atención a las estructuras de alto riesgo o zonas que dependen de situación propias del emplazamiento, incluido vallas, señalización e información sobre los riesgos a la comunidad local
- Eliminar los posibles peligros en los emplazamientos en construcción que no se puedan controlar de manera eficaz restringiendo el acceso a los mismos, por ejemplo tapando las entradas a los espacios confinados, garantizando vías de escape para espacios abiertos de mayor tamaño como las zanjas o excavaciones o cerrando los depósitos de almacenamiento de materiales peligrosos

construcción mediante una combinación entre formación y concienciación y la adopción de los procedimientos descritos en la Sección 3.4 (Seguridad del tráfico).

## Prevención de enfermedades

El aumento de la incidencia de enfermedades infecciosas y transmitidas por vectores en las actividades relacionadas con la construcción representa una amenaza grave para la salud de los trabajadores y residentes de las comunidades cercanas al proyecto. En la Sección 3.6 (Prevención de enfermedades) se incluyen recomendaciones, aplicables también a las actividades relacionadas con la construcción, para la prevención y control de enfermedades infecciosas y transmitidas por vectores.

## Seguridad del tráfico

Las actividades relacionadas con la construcción también pueden derivar en un incremento del movimiento de maquinaria pesada para el transporte de los materiales de construcción, lo que hace que aumente el riesgo de accidentes y lesiones asociadas al tráfico para los trabajadores y las comunidades locales. Se deberá reducir la incidencia de accidentes de tráfico durante la



## Referencias y fuentes adicionales

- ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry). Quick Reference Pocket Guide for Toxicological Profiles. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).
- ATSDR. 2005. Top 20 Hazardous Substances 2005. <http://www.atsdr.cdc.gov/cxcx3.html> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).
- Air and Waste Management Association (AWMA). 2000. Air Pollution Engineering Manual, Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY.
- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 2005. Threshold Limit Values for Chemical Substances in the Work Environment. Cincinnati:ACGIH.
- ANSI (American National Standards Institute). Homepage. <http://www.ansi.org/> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).
- ADB. 2003. Road Safety Audit for Road Projects: An Operational Tool. Asian Development Bank, Manila.
- American Petroleum Institute, Management of Process Hazards (R.P. 750).
- Assum, T. 1998. Road Safety in Africa: Appraisal of Road Safety Initiatives in Five African Countries. Working Paper No. 33. The World Bank and United Nations Economic Commission for Africa.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) E1739-95(2002) Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites
- ASTM E2081-00(2004)e1 Standard Guide for Risk-Based Corrective Action (at chemical release sites).
- ASTM E 1368 - Standard Practice for Visual Inspection of Asbestos Abatement Projects
- ASTM E 2356 - Standard Practice for Comprehensive Building Asbestos Surveys
- ASTM E 2394 - Standard Practice for Maintenance, Renovation and Repair of Installed Asbestos Cement Products.
- Australian Government. NPI Industry Reporting. Department of the Environment and Heritage. <http://www.npi.gov.au/handbooks/>
- Australian Government. 2004. "National Pollutant Inventory Guide." Department Of Environment and Heritage. <http://www.npi.gov.au/handbooks/pubs/npiguide.pdf>
- Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level (APELL) Guidelines disponible en: <http://www.unep.org/pc/apell/publications/handbooks.html>
- Bringezu, Stefan and Helmut Schutz. 2001. "Material use indicators for the European Union, 1980-1997 – Economy-side material flow accounts and balances and derived indicators of resource use." European Commission. <http://www.belspo.be/platformisd/Library/Material%20use%20Bringezu.PDF>
- BC MOE (BC Ministry of Environment). Guidance on Contaminated Sites. [http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/contam\\_sites/guidance/](http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/contam_sites/guidance/) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).
- CIWMB (California Integrated Waste Management Board). "Sustainable Materials". State Training Manual. <http://www.ciwmb.ca.gov/GreenBuilding/Training/StateManual/Materials.doc> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).
- CCPS (Center for Chemical Process Safety). Homepage. American Institute of Chemical Engineers. [www.aiche.org/ccps](http://www.aiche.org/ccps) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).
- CCPS. 1992. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. American Institute of Chemical Engineers.
- Chavasse, D.C. and H.H. Yap, eds. 1997. Chemical Methods for the Control of Vectors and Pests of Public Health Importance. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Dockrill, Paul and Frank Friedrich. 2001. "Boilers and Heaters: Improving Energy Efficiency." NRCAN. <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/infosource/pub/cipec/boilersheaters.pdf>
- Environment Canada, 2005. Hazardous Waste. <http://www.atl.ec.gc.ca/pollution/hazardouswaste.html> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).
- European Commission. 2000. "Guidance Document for EPER implementation." Directorate-General for Environment. <http://ec.europa.eu/environment/ipcc/eper/index.htm>
- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas)
- EPER (European Pollutant Emission Register). Página web del Inventario europeo de emisiones contaminantes. <http://www.eper.ec.eu.int/eper/default.asp> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).
- EREC (European Renewable Energy Council). 2006. Renewable Energy Sources. <http://www.erec-renewables.org/sources/default.htm> (disponible a partir del 24 de abril de 2006).
- EUROPA. Summaries of Legislation: Air Pollution. <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s15004.htm> (disponible a partir del 24 de marzo de 2006)
- Fairman, Robyn, Carl D. Mead, and W. Peter Williams. 1999. "Environmental Risk Assessment - Approaches, Experiences and Information Sources". London: Monitoring and Assessment Research Centre, King's College. <http://reports.eea.eu.int/GH-07-97-595-EN-C2/en>
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1995. "Guidelines on Good Labeling Practices for Pesticides." Rome: FAO. <http://ecoport.org/Resources/Refs/Pesticid/Guides/guides.htm>
- FAO. 1985. "Guidelines for the Packaging and Storage of Pesticides." Rome: FAO <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/Code/Download/pacstor.doc>
- Francey, R., J. Pickford and R. Reed. 1992. "A Guide to the Development of On-site Sanitation." Geneva: World Health Organization. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/hygiene/envsan/onsitesan/en/print.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/envsan/onsitesan/en/print.html)
- GVRD (Greater Vancouver Regional District). 1999. Caring for our Waterways: Liquid Waste Management Plan Stage 2, Discussion Document. 136 pp.
- GVRD. 2001. "Liquid Waste Management Plan." Greater Vancouver: Stormwater Management Technical Advisory Task Group. [http://www.gvr.bc.ca/sewerage/lwmp\\_feb2001/lwmp\\_plan\\_feb2001.pdf](http://www.gvr.bc.ca/sewerage/lwmp_feb2001/lwmp_plan_feb2001.pdf)
- IESNA (Illuminating Engineering Society of North America). Homepage. <http://www.iesna.org/> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).
- Industry Canada. Eco-efficiency. <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inee-ee.nsf/en/Home> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). National Greenhouse Gas Inventories Program. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).
- ILO-OSH (International Labour Organization – Occupational Safety and Health). 2001. "Guidelines on Occupational Safety & Health Management Systems". Geneva: International Labour Office. <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cops/english/download/e000013.pdf>

ICC (International Code Council). 2006. "International Building Code". Falls Church, Virginia: ICC.

IATA (International Air Transport Association). 2005. "Dangerous Goods Regulations Manual." Geneva: IATA. <http://www.iata.org/ps/publications/9065.htm> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

IAEA (International Atomic Energy Agency). International Basic Safety Standard for protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources <http://www-ns.iaea.org/standards/documents/default.asp?sub=160> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

IHS 1996. ISO 9613 – Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation. <http://engineers.ihs.com/document/abstract/XVNLCAAAAAAAAAA> (accessed May 19, 2006).

IMO (International Maritime Organization). International Maritime Dangerous Goods Code. [http://www.imo.org/Safety/mainframe.asp?topic\\_id=158](http://www.imo.org/Safety/mainframe.asp?topic_id=158) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

ISO (International Organization for Standardization). Quality and Environmental Management. <http://www.iso.org/iso/en/iso9000-14000/index.html> (accessed May 18, 2006)

IOMC (Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals). 2001. "The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2000-2002." International Program on Chemical Safety. <http://whqlibdoc.who.int/hq/2002/a76526.pdf>

Kates, R., Hohenemser, C., and J. Kasperson, Editors. 1985. *Perilous Progress: Management the Hazards of Technology*. Westview Press, London.

Knowlton, R. Ellis. 1992. *A Manual of Hazard & Operability Studies*. Chemetics International.

LDAR (Leak Detection and Repair Professionals). <http://www.lidar.net/> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

Lijzen, J.P.A., A.J. Baars, P.F. Otte, M.G.J. Rikken, F.A. Swartjes, E.M.J. Verbruggen and A.P. van Wezel. 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater - Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater. RIVM report 711701 023. Netherlands National Institute of Public Health and the Environment. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701023.pdf>

Massachusetts Department of Environment. Cleanup Sites and Spills. <http://www.mass.gov/dep/cleanup> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).

MSHA (Mine Safety and Health Administration). Homepage. <http://www.msha.gov/> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). Center for Disease Control and Prevention – Department of Health and Human Services. <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

National Research Council of Canada, 2005. Building Codes. [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/doingbusiness/codes\\_e.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/doingbusiness/codes_e.html) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

NRCAN (Natural Resources Canada). Electric Motors – Factsheet 6. Office of Energy Efficiency. <http://oee.nrcan.gc.ca/regulations/html/Factsheet6.cfm?text=N&printview=N> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

NRCAN. Energy-Efficient Motor Systems Assessment Guide. Office of Energy Efficiency. [http://oee.nrcan.gc.ca/cipec/ieep/newscentre/motor\\_system/introduction.cfm?text=N&printview=N](http://oee.nrcan.gc.ca/cipec/ieep/newscentre/motor_system/introduction.cfm?text=N&printview=N) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

NRCAN (Natural Resources Canada). EnerGuide Program. Office of Energy Efficiency. <http://oee.nrcan.gc.ca/equipment/english/index.cfm?PrintView=N&Text=N> (disponible a partir del 24 de marzo de 2006).

NRCAN. 2004. "EnerGuide for Industry: Your guide to selecting energy-efficient industrial equipment". Office of Energy Efficiency. <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/infosource/pub/Energuides-industry/EGI-brochure-e.cfm>

NRCAN. Energy Star® - Heating, Cooling and Ventilation. Office of Energy Efficiency. <http://oee.nrcan.gc.ca/energystar/english/consumers/heating.cfm?text=N&printview=N#AC> (disponible a partir del 9 de abril de 2006.)

NRCAN. Technical Factsheet CanMOST – Canadian Motor Selection Tool. Office of Energy Efficiency. <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/infosource/pub/cipec/canadian-motor/index.cfm> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

NRCAN. 2005a. "Team up for Energy Savings - Compressed Air." Office of Energy Efficiency. <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/industrial/cipec/compressed-air.pdf>

NRCAN. 2005b. Team up for Energy Savings – Lighting." Office of Energy Efficiency. <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/industrial/cipec/light.pdf>

NRCAN. 2006a. Model National Energy Code for Buildings (MNECB) for the Commercial Building Incentive Program.

<http://oee.nrcan.gc.ca/commercial/financial-assistance/new-buildings/mnecb.cfm?attr=20> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

NRCAN. 2006b. Office of Energy Efficiency General Database. <http://oee.nrcan.gc.ca/infosource/PDFs> (disponible a partir del 24 de marzo de 2006). NRCAN. 2006c. Office of Energy Efficiency – Industry Projects Database. <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/infosource/home/index.cfm?act=category&category=07&PrintView=N&Text=N> (disponible a partir del 24 de marzo de 2006).

NRCAN. 2006d. Energy Efficiency Regulations and Standards for Industry – Canada's Energy Efficiency Regulations. <http://oee.nrcan.gc.ca/industrial/regulations-standards/index.cfm?attr=24> (disponible a partir del 24 de marzo de 2006).

New Zealand Ministry of the Environment. 2004. "Contaminated Land Management Guidelines No.5: Site Investigation and Analysis of Soils." Federal Government of New Zealand. <http://www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/contaminated-land-mgmt-guidelines-no5/index.html>

North American Energy Working Group. "North American Energy Efficiency Standards and Labeling."

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Database on Use and Release of Industrial Chemicals. <http://appli1.oecd.org/ehs/urchem.nsf>

OECD. 1999. Safety Strategies for Rural Roads. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris. [www.oecd.org/dataoecd/59/2/2351720.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/59/2/2351720.pdf)

OHSAS. 2000. OHSAS 18002:2000. Occupational Health and Safety Management Systems - Guidelines for the Implementation of OHSAS 18001.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Emergency Standards. [http://www.osha.gov/SLTC/etools/evacuation/standards\\_card.html](http://www.osha.gov/SLTC/etools/evacuation/standards_card.html) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

OSHA. Safety and Health Topics - Toxic Metals. <http://www.osha.gov/SLTC/metalsheavy/> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006). Peden, Margie, David Sleet, Adnan Hyder and Colin Mathers, eds. 2004. "World Report on Road Traffic Injury Prevention." Geneva: World Health Organization. [http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world\\_report/en/](http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world_report/en/)

PDEP (Pennsylvania Department of Environment Protection). Official Recycled Product Guide. [http://www.dep.state.pa.us/wm\\_apps/recycledproducts/](http://www.dep.state.pa.us/wm_apps/recycledproducts/) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

PTCL (Physical and Theoretical Chemistry Lab). Safety (MSDS) data for benzo(a)pyrene. [http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/BE/benzo\(a\)pyrene.html](http://www.physchem.ox.ac.uk/MSDS/BE/benzo(a)pyrene.html) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

Prokop, Gundula. 2002. "Second Technical Workshop on Contaminated Sites - Workshop Proceedings and Follow-up." European Environment Agency. [http://reports.eea.europa.eu/technical\\_report\\_2002\\_76/en/Tech76.pdf](http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2002_76/en/Tech76.pdf)

Ritter, L., K.R. Solomon, J. Forget, M. Stemeroff and C.O'Leary. "An Assessment Report on: DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane, Heptachlor-Hexachlorobenzene, Mirex-Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls, Dioxins and Furans." International Programme on Chemical Safety. <http://www.pops.int/documents/background/assessreport/en/ritteren.pdf> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

Ross A, Baguley C, Hills B, McDonald M, Solcock D.1991. "Towards Safer Roads in Developing Countries: A Guide for Planners and Engineers." Berkshire: Transport and Road Research Laboratory.

Rushbrook, P. and M. Pugh. 1998. "Solid Waste Landfills in Middle- and Lower-Income Countries: A Technical Guide to Planning, Design, and Operation." World Bank. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2002/12/06/000094946\\_02112104104987/Rendered/PDF/multi0page.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2002/12/06/000094946_02112104104987/Rendered/PDF/multi0page.pdf)

SCPOP (Stockholm Convention on POPs). Guidance Documents. <http://www.pops.int/documents/guidance/> (disponible a partir del 19 de Mayo de 2006).

Tsunokawa, Koji and Christopher Hoban, eds. 1997. "Roads and the Environment: A Handbook." Washington, D.C.: World Bank. <http://www.worldbank.org/transport/publicat/reh/toc.htm>

UK Department of Environment, Food and Rural Affairs. <http://www.defra.gov.uk/> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

UK Environment Agency. Contaminated Land Exposure Assessment (CLEA). [http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/landquality/113813/672771/?version=1&lang=\\_e](http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/landquality/113813/672771/?version=1&lang=_e) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

UN/ECE (United Nations/Economic Commission for Europe). United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods Model Regulations. <http://www.unece.org/trans/> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

UN/ECE. The Atmospheric Emission Inventory Guidebook. <http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual/TFE1/unece.htm> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

UNEP (United Nation Environment Program). Secretariat of the Basel Convention on Hazardous Waste Management. <http://www.basel.int/index.html> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

UNEP. Persistent Organic Pollutants. <http://www.chem.unep.ch/pops/> (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

UNEP. Country contributions: Information on the regulatory status of POPs; bans, restrictions, and/or other legal permitted uses. [http://www.chem.unep.ch/pops/POPs\\_inc/INC\\_3/inf-english/inf3-9/sect5.pdf](http://www.chem.unep.ch/pops/POPs_inc/INC_3/inf-english/inf3-9/sect5.pdf) (disponible a partir del 18 de Mayo de 2006).

UNEP. 1993. Cleaner Production Worldwide Volume 1. [http://www.uneptie.org/PC/cplibrary/catalogue/regional\\_reports.htm](http://www.uneptie.org/PC/cplibrary/catalogue/regional_reports.htm).

UNEP. 1997. The Environmental Management of Industrial Estates. Industry and Environment, United Nations Environment Programme.

US DOE. Building Toolbox – Boilers. Building Technologies Program. <http://www.eere.energy.gov/buildings/info/components/hvac/boilers.html> (disponible a partir del 30 de abril de 2006).

US DOE. 2002. Heating and Cooling Equipment Selection. Office of Building Technology, State and Community Programs – Energy Efficiency and Renewable Energy. <http://www.eere.energy.gov/buildings/info/documents/pdfs/26459.pdf>

(US DOE). Industry Plant Managers and Engineers – Combustion. <http://www.eere.energy.gov/consumer/industry/combustion.html#opp1> (disponible a partir del 30 de abril de 2006).

US DOE (US Department of Energy). Industry Plant Managers and Engineers – Process Heating Systems. <http://www.eere.energy.gov/consumer/industry/process.html> (disponible a partir del 30 de abril de 2006).

US DOE. Industry Plant Managers and Engineers – Steam Boilers. <http://www.eere.energy.gov/consumer/industry/steam.html> (disponible a partir del 30 de abril de 2006).

US DOE. Industrial Technologies Program – Best Practices. <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/> (disponible a partir del 30 de abril de 2006).

US DOE. "The Big Picture on Process Heating". Industrial Technologies Program – Best Practices. [http://eereweb.ee.doe.gov/industry/bestpractices/pdfs/em\\_proheat\\_bigpict.pdf](http://eereweb.ee.doe.gov/industry/bestpractices/pdfs/em_proheat_bigpict.pdf) (disponible a partir del 30 de abril de 2006).

US DOE. 2005. "Improve Motor System Efficiency for a Broader Range of Motors with MotorMaster+ International." Industrial Technologies Program. [http://eereweb.ee.doe.gov/industry/bestpractices/pdfs/mmplus\\_international.pdf](http://eereweb.ee.doe.gov/industry/bestpractices/pdfs/mmplus_international.pdf)

US DOT (US Department of Transportation). HAZMATS Regulations. <http://hazmat.dot.gov/> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).

US Energy Star Program. Guidelines for Energy Management. [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=guidelines.download\\_guidelines](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=guidelines.download_guidelines) (disponible a partir del 24 de abril de 2006).

US Energy Star Program. Tools and Resources. [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=tools\\_resources.bus\\_energy\\_management\\_tools\\_resources](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=tools_resources.bus_energy_management_tools_resources) (disponible a partir del 9 de abril de 2006).

US EPA (US Environmental Protection Agency). Air Compliance Advisor. <http://www.epa.gov/ttn/ecas/ACA.htm> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).

US EPA. Ambient Air Monitoring QA Program. <http://www.epa.gov/airprog/oar/oaqps/qa/index.html#guidance> (disponible a partir del 19 de mayo de 2006).

US EPA. Comprehensive Procurement Guidelines – Product Fact Sheets. <http://www.epa.gov/cpg/factshts.htm> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).

US EPA. EPA Guidance. Environmentally Preferable Purchasing. <http://www.epa.gov/oppt/epp/pubs/guidance/guidancepage.htm> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).

US EPA. Hazardous Waste. <http://www.epa.gov/epaoswer/osw/hazwaste.htm> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).

US EPA. Hazardous Waste Identification. <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/id/id.htm#id> (disponible a partir del 19 de mayo de 2006).

US EPA. Major Environmental Laws. Laws and Regulations. <http://www.epa.gov/epahome/laws.htm> (disponible a partir del 19 de mayo de 2006).

US EPA. Performance Track Assistance. National Environmental Performance Track. <http://www.epa.gov/performance/track/ptrackassist.htm> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).

US EPA 40 CFR Part 133, Secondary Treatment Regulation ([http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx\\_02/40cfr133\\_02.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_02/40cfr133_02.html))

- US EPA. Persistent Organic Pollutants (POPs). <http://www.epa.gov/oppfeed1/international/pops.htm> (disponible a partir del 19 de mayo de 2006.)
- US EPA. Pollution Prevention Highlights. <http://www.epa.gov/p2/> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).
- US EPA. Region 9 Preliminary Remediation Goals. <http://www.epa.gov/region9/waste/sfund/prg/> (disponible a partir del 19 de mayo de 2006).
- US EPA. Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories and Emissions Factors. <http://www.epa.gov/ttn/chief/>
- US EPA. Waste Minimization. <http://www.epa.gov/wastemin/> (disponible a partir del 19 de mayo de 2006).
- US EPA. 1991. Technical support document for water quality-based toxic control. Washington, DC.: Office of Water Enforcement and Permits, Office of Water Regulations and Standards.
- US EPA. 2004. National Recommended Water Quality Criteria. Washington, DC: United States Office of Water. Environmental Protection Agency Office of Science and Technology (4304T).
- US EPA. 2005. Chromated Copper Arsenate (CCA). Pesticides Re-registration. <http://www.epa.gov/oppad001/reregistration/cca/> (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).
- US EPA. 2006. 40CFR Chapter 1, Subchapter J, section 302.4, Designation of Hazardous Substances. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=a1d39cb9632558b450b2d09e45b5ca78&rgn=div8&view=text&node=40:27.0.1.1.2.0.1.4&idno=40>
- USGS (US Geological Survey). 2000. Recycled Aggregates—Profitable Resource Conservation. USGS Fact Sheet FS-181-99. <http://pubs.usgs.gov/fs/fs-0181-99/fs-0181-99so.pdf>
- US NFPA (US National Fire Protection Association). 2006. 101- Life Safety Code Handbook. <http://www.nfpa.org/catalog/product.asp?category%5Fname=&pid=10106&target%5Fpid=10106&src%5Fpid=&link%5Ftype=search> (disponible a partir del 19 de mayo de 2006).
- US Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29 CFR 1910.119 App A, Threshold Quantities.
- US Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29CFR Part 1910.120, Hazardous Waste Operations and Emergency Response Standard.
- US Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29 CFR Part 1910.119.
- WHO. 1987. Technology for Water Supply and Sanitation in Developing Countries. Technical Report Series No. 742. World Health Organization, Geneva.
- WHO. 1989. New Approaches to Improve Road Safety. Technical Report 781b. World Health Organization, Geneva.
- WHO. 1993. Guidelines for Drinking Water Quality. Volume 1: Recommendations. 2<sup>nd</sup> Edition. World Health Organization, Geneva.
- WHO. 1994. Operation and Maintenance of Urban Water Supply and Sanitation Systems: A Guide for Managers. World Health Organization, Geneva.
- WHO. 1996. Guidelines for Drinking Water Quality. Volume 2: Health Criteria and Other Supporting Information. World Health Organization, Geneva.
- WHO. 1997. Guidelines for Drinking Water Quality. Volume 3: Surveillance and Control of Community Supplies. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq2v1/en/index2.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/index2.html) (disponible a partir del 19 de mayo de 2006).
- WHO. 1999. Draft Specifications for Bacterial Larvicides for Public Health Use. WHO/CDS/CPC/WHOPE/99.2. Communicable Diseases Prevention and Control, WHO Pesticide Evaluation Scheme, World Health Organization.
- WHO. 1999. Prevention and Control of Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever: Comprehensive Guidelines. WHO Regional Publication, SEARO No. 29. Regional Office for South-East Asia, World Health Organization, New Delhi.
- WHO. 1999. Safety of Pyrethroid-Treated Mosquito Nets. WHO/CDS/CPE/WHOPE/99.5. World Health Organization, Geneva.
- WHO. 2000a. Guidelines for the Purchase of Public Health Pesticides. WHO/CDS/WHOPE/2000.1. Communicable Disease Control, Prevention and Eradication, World Health Organization.
- WHO. 2000b. Air Quality Guidelines for Europe. Geneva:WHO. <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>
- WHO. 2000. Towards an Assessment of the Socioeconomic Impact of Arsenic Poisoning in Bangladesh. WHO/SDE/WSH/00.4. World Health Organization.
- WHO. 2001. Chemistry and Specifications of Pesticides. Technical Report Series 899. Geneva: WHO.
- WHO. 2003. "Draft Guidelines for the Management of Public Health Pesticides." Communicable Disease Control, Prevention and Eradication, World Health Organization. [http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO\\_CDS\\_WHOPE\\_2003.7.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO_CDS_WHOPE_2003.7.pdf)
- WHO. 2004. Guidelines for Drinking-water Quality - Volume 1 Recommendations. Geneva: WHO. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/GDWQ2004web.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf)
- WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2: Wastewater Use in Agriculture [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/gsuweg2/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg2/en/index.html)
- WHO. 2005. Guidelines for drinking-water quality. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/) (disponible a partir del 18 de mayo de 2006).
- Woolliams, J. 2002. "Planning, Design and Construction Strategies for Green Buildings." Eco-City Planning Company. [http://www.greenbuildingsbc.com/new\\_buildings/pdf\\_files/greenbuild\\_strategies\\_guide.pdf](http://www.greenbuildingsbc.com/new_buildings/pdf_files/greenbuild_strategies_guide.pdf)
- Yassi, A. *et al.* 1998. Basic Environmental Health. WHO/EHG/98.19. Office of Global and Integrated Environmental Health, World Health Organization, Geneva.
- Zaim, M. 2002. Global Insecticide Use for Vector-Borne Disease Control. WHO/CDS/WHOPE/GCDPP/2002.2. Communicable Disease Control, Prevention and Eradication, World Health Organization.