



**Directrices orientativas relativas a la
seguridad y la protección químicas en la
pequeña y mediana empresa
destinadas al fomento del uso pacífico de la química**

**OPAQ
Organización para la Prohibición de las Armas Químicas**

© Organización para la Prohibición de las Armas Químicas, La Haya, Países Bajos, 2021

El presente documento no se utilizará para ningún fin comercial salvo autorización previa otorgada por escrito por la OPAQ.

Las opiniones manifestadas en cualquiera de los artículos del presente documento no reflejan necesariamente las de la OPAQ; esta última no acepta responsabilidad alguna al respecto.

La mención de los nombres de empresas o productos comerciales no constituye un aval de estos por parte de la OPAQ.

El empleo de nombres genéricos, denominaciones registradas, marcas comerciales, etc., no implica, incluso en ausencia de una declaración específica al respecto, la exención de las leyes y normativas que los protegen ni que, por ende, puedan ser libremente utilizados.

Editores: N. Kojevnikov, L. Zhao, H. Mat Som, T. Zhang

**Directrices orientativas relativas a la
seguridad y protección químicas en la
pequeña y mediana empresa
destinadas al fomento del uso pacífico de la
química**

Derivadas de los Talleres sobre creación de herramientas de gestión
de la seguridad y protección químicas

ÍNDICE

1	PRÓLOGO	1
2	LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS.....	3
3	INTRODUCCIÓN	4
	3.1 Función del empleador.....	4
	3.2 Función de los empleados	5
	3.3 Protección de las comunidades	5
	3.4 ¿Qué es la protección química?.....	5
	3.5 ¿Qué es la seguridad química?.....	7
	3.6 La importancia de la protección química y la seguridad química para las pymes	7
4	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	9
5	SEGURIDAD Y PROTECCIÓN: APOYO MUTUO Y POSIBLES CONFLICTOS	13
6	PROTECCIÓN Y SEGURIDAD QUÍMICAS: SISTEMA DE GESTIÓN DEL RIESGO	14
7	COMPROMISO DE LA DIRECCIÓN Y LOS EMPLEADOS CON LA SEGURIDAD Y LA PROTECCIÓN	16
	7.1 Participación y compromiso de la dirección	16
	7.2 Participación y responsabilidad de los empleados	17
	7.3 Promoción de una cultura de seguridad y protección	18
	7.4 Cumplimiento.....	19
	7.5 Sensibilización	20
8	COMPRENSIÓN DE LOS PELIGROS, ACTIVOS, AMENAZAS Y RIESGO	21
	8.1 Realización de una evaluación del riesgo	24
	8.2 Identificación de activos, peligros y amenazas	25
	8.3 Cribado de peligros y activos.....	25
	8.4 Información para fines de seguridad	28
	8.5 Identificación de las amenazas para la seguridad	29
	8.6 Medidas de seguridad y protección.....	29
	8.7 Consideraciones adicionales	31
9	GESTIÓN DE LOS RIESGOS	32
	9.1 Protección y control de peligros y activos	32
	9.2 Procedimientos operativos en materia de protección y seguridad	36
	9.3 Prácticas de trabajo en condiciones de seguridad y protección	39
	9.3.1 Garantía de la integridad y fiabilidad de la instalación	40
	9.3.2 Garantía de que la instalación se ha diseñado como una instalación segura.....	40
	9.3.3 Establecimiento de programas de higiene industrial y de higiene en el trabajo.	40

9.3.4	Designación de personal encargado de la protección y seguridad químicas	41
9.3.5	Provisión de programas de vigilancia médica	41
9.3.6	Gestión o supervisión de los contratistas.....	41
9.3.7	Gestión eficaz del cambio.....	42
9.3.8	Elaboración de planes de gestión de emergencias.....	43
9.3.9	Atención debida a los factores humanos	44
10	APRENDIZAJE A PARTIR DE LA EXPERIENCIA.....	46
10.1	Evaluación del desempeño	46
10.2	Informes sobre accidentes e investigaciones conexas	47
10.3	Auditoría y medidas correctivas	48
10.4	Formación y capacitación.....	48
11	RIESGOS EMERGENTES EN MATERIA DE CIBERSEGURIDAD.....	50
	APÉNDICE A: ESTUDIOS MONOGRÁFICOS	52
A.1	Protección	52
A.2	Seguridad	54
	APÉNDICE B: DIRECTRICES ÉTICAS DE LA HAYA.....	59
B.1	Antecedentes	59
B.2	Componentes de las Directrices	59
	APÉNDICE C: LISTA DE EPERTOS MULTIDISCIPLINARIOS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Barreras de protección, barreras de seguridad	7
Figura 2:	Factores de riesgo relativos a la seguridad y la protección	21
Figura 3:	Ejemplo de cuadro de matriz de riesgos.....	22
Figura 4:	Ciclo de vida químico: Vulnerabilidades en materia de seguridad y protección químicas.....	24
Figura 5:	“Modelo del queso suizo” para múltiples capas de controles destinados a mitigar los riesgos	33

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1:	Peligros que pueden afectar a las instalaciones químicas	11
Cuadro 2:	Legislación, normas, códigos y políticas.....	20
Cuadro 3:	Estrategias de prevención para disuadir, detectar, retrasar y responder (defensa y recuperación)	30
Cuadro 4:	Tipos de control: organizacional, operacional y físico	33
Cuadro 5:	La jerarquía de los controles	35
Cuadro 6:	Procedimientos operativos de protección y seguridad a lo largo del ciclo de vida químico	37
Cuadro 7:	Ejemplos de consideraciones de protección y seguridad para contratistas.....	42
Cuadro 8:	Indicadores de desempeño en materia de seguridad y protección.....	47

1 PRÓLOGO

En su decimosexto período de sesiones, la Conferencia de los Estados Partes (en adelante, la “Conferencia”) en la Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, la Producción, el Almacenamiento y el Empleo de Armas Químicas y sobre su Destrucción (en adelante, la “Convención”) aprobó la decisión C-16/DEC.10 (de fecha 1 de diciembre de 2011) sobre los “Componentes de un marco convenido para la plena aplicación del artículo XI” de la Convención sobre las Armas Químicas. En virtud del párrafo dispositivo 2 a) de esa decisión, los Estados Partes y la Secretaría Técnica (en adelante, la “Secretaría”) debían, “teniendo en cuenta las aportaciones de las Autoridades Nacionales y de las partes interesadas pertinentes, realizar una evaluación de las necesidades en materia de herramientas y orientaciones que puedan ser útiles para promover la seguridad química y la seguridad en general”.

Para dar seguimiento a esa decisión, y para recopilar y facilitar sistemáticamente los conocimientos y prácticas que los Estados Partes ponen en común, a partir de 2009 la Secretaría ha venido organizando varios talleres y cursos de formación que han contado con la participación de las instituciones gubernamentales pertinentes, las Autoridades Nacionales, la industria química, organizaciones internacionales y representantes del sector académico, con miras a fomentar el intercambio de prácticas idóneas en materia de seguridad y protección químicas. Asimismo, la Secretaría ha publicado varias notas por las que se han sentado las bases para su realización de encuestas destinadas a recabar de los Estados Partes información relativa a las prácticas idóneas, en particular las correspondientes a los laboratorios y la industria química; entre estas notas se contaba la referente a la evaluación de necesidades y recopilación de herramientas, directrices y prácticas idóneas de gestión de la seguridad y protección química (*Needs Assessment and Compilation of Tools, Guidance, and Best Practices in Chemical Safety and Security Management*) (S/1602/2018, de fecha 16 de marzo de 2018), en la que se alentaba a los Estados Partes a presentar de forma voluntaria información relativa a las evaluaciones de las necesidades y a las herramientas, directrices y prácticas idóneas existentes.

Sobre la base de la información resultante, la Secretaría pudo comprender que era fundamental que desarrollara herramientas destinadas a la gestión de la seguridad y protección químicas. Para ello, en marzo de 2019 la Secretaría inició un proyecto destinado a elaborar directrices orientativas y no vinculantes en materia de seguridad y protección químicas, con el fin de fomentar una cultura de usos pacíficos de la química; esta iniciativa contribuiría al desarrollo económico y tecnológico en virtud del Artículo XI y evitaría el resurgimiento de las armas químicas. En una declaración pronunciada con ocasión de un Taller sobre creación de herramientas de gestión de la seguridad y protección químicas, celebrado en La Haya (Países Bajos) los días 25 a 27 de marzo de 2019, la Directora General Adjunta puso de relieve la importancia de este empeño, que llegaría a una amplia gama de partes interesadas y entrañaría la participación activa de la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (en adelante, la “OPAQ”).

Dentro de este proceso, la primera medida ha sido dar prioridad a la elaboración de directrices orientativas para la seguridad y protección químicas en la pequeña y mediana empresa (las pymes). La finalización de las “Directrices orientativas relativas a la seguridad y protección químicas en la pequeña y mediana empresa destinadas al fomento del uso pacífico de la química” que aparecen a continuación corrió a cargo de un grupo multidisciplinario de expertos en la gestión química (véase el apéndice C), durante el transcurso de un segundo taller celebrado en Almaty (Kazajstán) los días 2 a 6 de diciembre de 2019.

Estas directrices orientativas incluyen elementos básicos, en particular marcos jurídicos y una selección de capacidades institucionales y técnicas que pueden contribuir a la seguridad y protección químicas y permitir que se aprovechen los recursos, las herramientas y las orientaciones desarrolladas por las organizaciones internacionales que se ocupan de la salud pública y de los aspectos ambientales y de protección relativos a las sustancias químicas. El presente documento, que pone de relieve las relaciones complementarias que operan entre las normativas y capacidades existentes y las medidas en materia de seguridad y protección químicas, atiende específicamente las necesidades de las pymes de Estados Partes con economías en desarrollo o en transición, que han puesto en común las prácticas idóneas que aplican en la actualidad para procurar el afianzamiento de la gestión de la seguridad y protección químicas. Estas directrices también podrían resultar útiles para otras partes interesadas en sus empeños en pro de la seguridad y protección químicas con el fin de fomentar los usos pacíficos de la química.

2 LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

CE	Comisión Europea
EPP	Equipo de protección personal
GA	Grupo de Australia
IA	Inteligencia artificial
ICCA	Consejo Internacional de asociaciones de la industria química
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPAQ	Organización para la Prohibición de las Armas Químicas
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PON	Procedimiento operativo normalizado
Pyme	Pequeña y mediana empresa
SGA	Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos
TI	Tecnología de la información
UE	Unión Europea

3 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una cultura de seguridad y protección químicas requiere la participación de la totalidad de los empleados y las partes interesadas de una empresa que utilice sustancias químicas¹. Por añadidura, quienes participan en el sector químico, comprendidas las personas que se dedican a la enseñanza, la investigación y el desarrollo, la producción o la reglamentación, tienen la responsabilidad de promover la seguridad y protección químicas tanto en el interior como en el exterior de sus respectivas instituciones.

Son muchos los químicos, ingenieros químicos o profesionales que trabajan en la esfera de la química, en particular en las pymes, que no han recibido ninguna capacitación formal en seguridad y protección químicas. Esta realidad pone de manifiesto la necesidad de que el sector químico en su conjunto redefina los componentes importantes del conocimiento fundamental en materia de seguridad y protección químicas, de manera que los futuros químicos, ingenieros químicos u otros empleados puedan recibir una formación cabal. Tanto el sector académico como las administraciones, las asociaciones profesionales, los organismos de acreditación o la industria tienen su correspondiente función en el desarrollo de los futuros empleados de la industria química.

Se espera de las empresas u otras organizaciones que participan en el almacenamiento, la fabricación, el comercio, la venta, el transporte o la eliminación de sustancias químicas que implanten prácticas idóneas en la gestión de las sustancias químicas. A la luz de este requisito, se debería formular un plan de gestión de sustancias químicas en consonancia con las prácticas idóneas de la empresa, las recomendaciones reflejadas en las hojas de seguridad, las normas y reglamentos en materia de salud, seguridad, protección física y medio ambiente, y también en consonancia con las prácticas generalmente aceptadas y las disposiciones legales, tanto en el plano local como en el internacional.

3.1 Función del empleador

Incumbe al empleador el deber de velar por el desarrollo, la implantación y la vigilancia de políticas y programas en materia de seguridad y protección químicas. Estas políticas incluirán la designación de personas responsables de la aplicación global de todas estas actividades. Los empleadores también tienen la obligación de velar por la disponibilidad de un plan de respuesta ante emergencias químicas, destinado a atenuar las consecuencias de un accidente o incidente. Ese plan debe incluir, entre otras cosas, la provisión de equipos de respuesta ante emergencias y la designación de personal de respuesta ante emergencias que cuente con la debida formación. Se requiere que todo el personal pertinente reciba formación en materia de información relativa a peligros químicos, que apliquen los procedimientos necesarios para la gestión de las comunicaciones relativas a peligros químicos, que participen en auditorías y que presenten sugerencias de mejoras. No obstante, en última instancia la responsabilidad en cuanto a políticas adecuadas en materia de seguridad y protección corresponde al empleador y no se puede delegar.

¹ De no especificarse otra cosa, el acceso a la totalidad de los recursos de la web a los que se hace referencia en este documento tuvo lugar los días 2 a 6 de diciembre de 2019.

La totalidad de la documentación, en particular los materiales de formación, se actualizará periódicamente y se divulgará entre los empleados. Esta documentación debería incluir la información siguiente:

- a. modificaciones introducidas en las formulaciones químicas;
- b. datos correspondientes a las nuevas sustancias químicas que se han introducido en los procesos químicos;
- c. modificaciones introducidas en las condiciones de los procesos;
- d. información relativa a la sustitución de las sustancias químicas utilizadas; y
- e. cualquier otra información pertinente.

3.2 Función de los empleados

Si bien en última instancia la responsabilidad relativa a la seguridad y protección químicas corresponde al empleador, también incumbe a los empleados una función esencial al respecto. Habrán de cumplir con la totalidad de las políticas, procedimientos y programas, en particular los correspondientes al empleo seguro de las sustancias y los equipos químicos y al empleo adecuado de las salvaguardias y los dispositivos de seguridad o protección, así como de los procedimientos destinados a asegurar que estén tomando las medidas necesarias para la reducción de los riesgos. Los empleados están obligados a informar respecto de la totalidad de los accidentes, incidentes o cuasiaccidentes que se produzcan en el lugar de trabajo, así como a iniciar y promover comportamientos seguros.

3.3 Protección de las comunidades

La aplicación de los programas de seguridad y protección químicas es fundamental para la protección de las comunidades circundantes y del medio ambiente contra los impactos potencialmente peligrosos que podrían resultar de una liberación accidental o deliberada de sustancias químicas peligrosas. La realización de evaluaciones de los riesgos es el principio fundamental que subyace bajo la aplicación de esta política; estas evaluaciones de los riesgos sirven para identificar situaciones hipotéticas relacionadas con la seguridad y protección, y para especificar medidas concretas para cada emplazamiento que sean adecuadas y puedan brindar la debida protección a la instalación y las comunidades circundantes.

3.4 ¿Qué es la protección química?

La protección química consiste en la práctica de gestionar sustancias químicas de manera que se brinde protección a la salud de los seres humanos y al medio ambiente respecto de los accidentes o incidentes y sus consecuencias involuntarias.

La protección química está integrada por una gama de disciplinas que abarcan los aspectos laboral, público o ambiental, así como los de proceso, consumo, almacenamiento o distribución, de las medidas destinadas a evitar los riesgos y accidentes. Muchas de estas disciplinas están cubiertas por convenios internacionales y atendidas por varias organizaciones u organismos internacionales. Según el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas, de la Organización Mundial de la Salud (OMS), “la seguridad química se logra mediante la realización de todas las actividades relacionadas con las sustancias químicas de manera que se asegure la seguridad de la salud de las personas y del medio ambiente. Abarca todas las sustancias químicas, tanto naturales como manufacturadas, y toda la gama de situaciones de exposición desde la presencia natural de sustancias químicas en el medio ambiente a su extracción o síntesis, producción industrial, transporte, uso o eliminación”².

² Organización Mundial de la Salud, *Chemical Safety*, https://www.who.int/health-topics/chemical-safety#tab=tab_1 (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

3.5 ¿Qué es la seguridad química?

La expresión “seguridad química” hace referencia a las políticas y prácticas destinadas a prevenir el uso doloso o ilícito de las sustancias químicas, así como a atenuar el impacto causado por estos sucesos, si tuvieran lugar. La seguridad de las sustancias químicas debería protegerse a lo largo de sus ciclos de vida ante las amenazas, en particular las amenazas que plantea el terrorismo. Algunas instalaciones químicas están en posesión de materiales susceptibles de sustracción y posterior uso para causar lesiones o daños. Un ataque contra determinadas instalaciones podría causar gran número de muertes o lesiones. El impacto causado por un accidente o un ataque puede abarcar una gran extensión y producirse de diversas maneras³.

Figura 1. Barreras de protección, barreras de seguridad



Ambos tipos de barreras se colocan entre las personas y los riesgos (o los activos); sin embargo, las barreras de protección tienen como propósito proteger a las personas de las sustancias químicas mientras que las barreras de seguridad protegen a las sustancias químicas de las acciones de las personas⁴.

3.6 La importancia de la protección química y la seguridad química para las pymes

Muchas pymes requieren, por muchos motivos, hacer un uso frecuente u ocasional de sustancias químicas peligrosas o de doble uso. Con independencia de la razón por la que se utilicen, las sustancias químicas peligrosas o de doble uso representan para las pymes un reto en materia de seguridad y protección. Por consiguiente, es fundamental que todas las pymes

³ United States Cyberstructure and Infrastructure Security Agency (Agencia de Seguridad de la Ciberestructura y la Infraestructura de los Estados Unidos de América), *Chemical Security*, <https://www.dhs.gov/topic/chemical-security> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

⁴ Figura elaborada por personal del *Global Chemical and Biological Security Group* (Grupo de Seguridad Química y Biológica Nacional), Laboratorios Nacionales Sandia: “*Unintentional Versus Intentional Chemical Incidents*”, SAND2019-2822 TR, Laboratorios Nacionales Sandia, Albuquerque, Nuevo México, Estados Unidos de América.

implanten programas de seguridad y protección químicas para poder evaluar y reducir los posibles riesgos, y con ello brindar una protección eficaz y eficiente, como sigue:

- a. a los empleados y miembros de las comunidades circundantes, protección respecto de daños físicos o psicológicos, lesiones o muerte;
- b. a la infraestructura u otros recursos materiales tanto del interior como del exterior de la instalación, protección respecto de daños, contaminación o destrucción;
- c. a las empresas, protección respecto de impactos indeseables, en particular respecto de la interrupción de las actividades o de la pérdida de reputación o de la confianza de los consumidores;
- d. protección ante impactos económicos directos o indirectos, como son los resultantes de pérdida de horas de trabajo, problemas relativos al flujo de caja, márgenes de beneficio, posibles sanciones o multas o aumento en las primas de seguros;
- e. protección de la continuidad de las operaciones y las licencias de operación (ya que tanto la producción como las operaciones se pueden ver interrumpidas de resultas de los incidentes);
- f. protección a las empresas contra medidas legales (ya sean locales, regionales nacionales o internacionales) en el ámbito personal, el civil o el penal; y
- g. asignación de los recursos, al evitar un mayor escrutinio por parte de los organismos gubernamentales, las comunidades circundantes, los empleados u otras partes interesadas.

4 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Los términos relativos a la seguridad y protección químicas, según aparecen en el presente documento, podrían tener significados distintos a los utilizados en un contexto ordinario. Por consiguiente, en aras de la precisión y la claridad procede definir la forma en que se utilizan diversos términos en este documento orientativo.

Activo: Por el término “activo” se entiende un artículo de valor, desde la perspectiva del propietario o de un posible adversario. El artículo puede ser peligroso, escaso, valioso o difícil de sustituir, o su pérdida puede causar un retraso inaceptable en las operaciones⁵. Desde el punto de vista de un posible adversario, entre los activos se pueden incluir los siguientes:

- a. un artículo de valor económico presente o futuro, en particular computadoras, equipos, reactivos de valor o productos químicos con un elevado precio de reventa en el mercado negro;
- b. sustancias químicas que se pueden utilizar para fabricar armas, en particular explosivos, sustancias químicas tóxicas o precursores de armas químicas;
- c. precursores químicos para la producción de sustancias químicas ilícitas;
- d. información, en particular conocimientos internos de los empleados, secretos comerciales o información objeto de derechos de propiedad industrial;
- e. procesos científicos que aún no se han publicado o para los que aún no se ha obtenido una patente; y
- f. piezas de equipo que podrían utilizarse en las armas o para la producción de drogas ilícitas⁶.

⁵ Salerno, R. y Gaudioso, J, *Laboratory Biosecurity Handbook*, CRC Press: Boca Ratón, 2007; pág. 105.

⁶ Nelson, Andrew Wyatt y Malcahy, Mary Beth, *Chemical Security Handbook: Security Risk Assessment for Laboratories*, Departamento de Energía de los Estados Unidos de América (junio de 2020, pág. 12), <https://doi.org/10.2172/1635333>, (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

Accidente químico: Por la expresión “accidente químico” se entiende *cualquier evento imprevisto en el que intervengan sustancias peligrosas que cause o sea susceptible de causar daños a la salud, el entorno o la propiedad*, como puedan ser la pérdida de contención de sustancias peligrosas, las explosiones o los incendios. Por lo general, estos eventos son el resultado de fallos técnicos o de errores humanos⁷.

Incidente químico: Por la expresión “incidente químico” se entiende una liberación de sustancias químicas resultante de incidentes tecnológicos, desastres naturales, conflictos o actos terroristas⁸.

Controles: Por la expresión “controles” se entienden las medidas, barreras, salvaguardias o estratos de protección. Los controles son elementos técnicos, operacionales u organizacionales que mitigan, de forma individual o colectiva, el riesgo de que se produzca un accidente o un incidente. En el supuesto de producirse uno u otro, los controles también pueden minimizar la gravedad de las consecuencias⁹.

Doble uso: La expresión “de doble uso” se aplica a los productos o equipos químicos, o los conocimientos o programas conexos, que se pueden utilizar para fines legítimos o ser objeto de aplicaciones indebidas con fines ilícitos¹⁰.

Exposición: Por la expresión “exposición”, con referencia a los productos químicos, se entiende el contacto con una sustancia química, ya sea por ingestión, inhalación o contacto directo (por ejemplo, a través de la piel o de los ojos). La exposición se puede producir a corto plazo (aguda) o a largo plazo (crónica)¹¹.

Peligro: Por el término “peligro” se entiende cualquier agente que entrañe potencial para causar daño. También pueden constituir peligros aquellas condiciones o actividades que, de no someterse a un control, podrían causar lesiones, muertes, o daños a la propiedad o el medio ambiente¹².

⁷ Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response: Guidance for Industry (including Management and Labour), Public Authorities, Communities, and Other Stakeholders* (2ª edición, 2003, pág. 18), <http://www.oecd.org/env/ehs/chemical-accidents/Guiding-principles-chemical-accident.pdf> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

⁸ Organización Mundial de la Salud, *International Programme on Chemical Safety, Chemical Incidents and Emergencies*, <https://www.who.int/ipcs/emergencies/en/> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

⁹ Nelson, Andrew Wyatt y Malcahy, Mary Beth, *ibid.*, pág. 12.

¹⁰ Nelson, Andrew Wyatt y Malcahy, Mary Beth, *ibid.*, pág. 12.

¹¹ Agencia de los Estados Unidos de América para el Registro de Enfermedades y Sustancias Tóxicas (*United States Agency for Toxic Substances and Disease Registry*), *Glossary of Terms*, <https://www.atsdr.cdc.gov/glossary.html#G-D-> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

¹² Nelson, Andrew Wyatt y Malcahy, Mary Beth, *op. cit.*, pág. 13.

Cuadro 1. Peligros que pueden afectar a las instalaciones químicas¹³

Peligro	Ejemplos
Físico	Materiales explosivos, sustancias inflamables, sólidos o líquidos pirofóricos, gases a presión, equipos eléctricos o fuentes de energía
Sanitario	Toxicidad aguda, carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicología reproductiva o sensibilización respiratoria
Condición	Almacenamiento químico incompatible (por ejemplo, sustancias fuertemente oxidantes como el ácido nítrico almacenadas en la proximidad de hidrocarburos), presiones altas o bajas, campos magnéticos, temperaturas extremas o acumulación de desechos
Actividad	Ampliación de una reacción o adición de un catalizador a una reacción; ambas actividades podrían aumentar tanto la tasa como la cantidad de calor y generación de productos secundarios, así como el transporte de materiales peligrosos

Seguridad física: Por el término “seguridad física” se entiende la protección física de los activos, ya se estén utilizando o se encuentren en situación de almacenamiento a largo plazo; la seguridad física incluye la protección del perímetro del polígono, así como la protección de activos dentro de la instalación.

Riesgo: En el contexto de la *protección química*, por el término “riesgo” se entiende la probabilidad de que un peligro dé lugar a un desenlace negativo y a la gravedad de cualquier posible consecuencia que este pudiera tener. En el contexto de la seguridad química, por el término “riesgo” se entiende la probabilidad de que un adversario cause daños deliberados y a las consecuencias dimanantes de esos daños.

Hoja de datos de seguridad: Un documento exhaustivo y normalizado que los fabricantes y proveedores de productos químicos deben proporcionar al usuario final; debe incluir información relativa a las correspondientes propiedades físicas y químicas, los riesgos medioambientales, los riesgos para la salud, las medidas de primeros auxilios y las medidas para el supuesto de liberación accidental¹⁴.

Amenaza: Por el término “amenaza” (que también se puede denominar adversario) se entiende una persona o un grupo de personas con motivación y capacidad para causar daños, ya sea mediante el robo o la desviación de un activo o mediante el sabotaje. Pueden constituir amenazas personas que no estén afiliadas a la institución (denominados “agentes externos”), personas afiliadas a la institución o empleadas por ella (denominados “agentes internos”), o

¹³ American Chemical Society (Sociedad Química de los Estados Unidos de América), “Recognize the Hazards”, <https://www.acs.org/content/acs/en/chemical-safety/guidelines-for-chemical-laboratory-safety/resources-supporting-guidelines-for-chemical-laboratory-safety/recognize-hazards-c.html> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

¹⁴ Naciones Unidas, *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos* (Séptima edición, Capítulo 1.5, pág. 35), Nueva York y Ginebra (2017). https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev07/English/ST_SG_AC10_30_Rev7e.pdf (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

agentes internos en confabulación con agentes externos. También se puede describir a las amenazas internas como personas con autorización de acceso a una instalación que pueden proporcionar amplios conocimientos relativos a la instalación y los activos¹⁵. Los agentes internos que constituyen amenazas podrían cooperar voluntariamente con agentes externos o podrían verse coaccionados a prestar asistencia a los agentes externos que constituyen una amenaza.

Vulnerabilidad: Se entiende por el término “vulnerabilidad” un punto débil en un sistema de seguridad o protección que puede dar lugar a accidentes o incidentes químicos, como puede ser su explotación por adversarios para fines hostiles.

¹⁵ Nelson, Andrew Wyatt y Malcahy, Mary Beth, *op. cit.*, pág. 14.

5 SEGURIDAD Y PROTECCIÓN: APOYO MUTUO Y POSIBLES CONFLICTOS

La gestión de los riesgos de seguridad y protección puede actuar de forma complementaria. Las secciones del sistema de administración que se complementan entre sí pueden cooperar con el fin de incluir la gestión de inventario, los programas de auditoría, la gestión de los riesgos o elementos similares. Por ejemplo, tanto los riesgos de seguridad como los de protección se pueden reducir mediante la implantación de controles de acceso. Al limitar el acceso a un lugar de trabajo peligroso a aquellas personas que han recibido formación adecuada en materia de protección, las pymes pueden reducir la probabilidad de un accidente. De igual manera, al limitar el acceso a un lugar de trabajo peligroso únicamente a las personas autorizadas para ello las pymes pueden reducir la posibilidad de que se produzcan incidentes de seguridad. Si bien estas medidas de control de acceso obedecen a motivos diferentes, es posible integrarlas.

Existen ciertas esferas donde la seguridad y la protección son independientes la una de la otra. Por ejemplo, los equipos de protección personal (EPP) sirven de apoyo a la protección, pero no brindan un apoyo directo a la seguridad. La vigilancia del perímetro sirve de apoyo a la seguridad, pero no brinda un apoyo directo a la protección.

En algunas ocasiones los controles de seguridad y protección química también pueden estar contrapuestos. Dos esferas críticas donde los objetivos de protección y los de seguridad pueden entrar en conflicto son la de seguridad física y la de gestión de la información. Por ejemplo, la contención de equipo o sustancias químicas con el fin de evitar su robo podría hacer necesario bloquear las puertas de salida, pero la protección exige que las puertas estén abiertas para asegurar una salida segura de las personas en un supuesto de emergencia. Del mismo modo, la protección de la información podría dar lugar a una limitación de las señalizaciones y del acceso a la información sobre los nombres de los productos químicos, sus cantidades y sus emplazamientos, cuando para fines de seguridad lo lógico sería compartir esa información con todos con el fin de evitar exposiciones accidentales. Estos ejemplos sirven para indicar que las necesidades en materia de protección y de seguridad se han de considerar como un conjunto, con el fin de poder atender los posibles conflictos de manera que se logre un equilibrio entre las necesidades de salidas de emergencia y la comunicación de riesgos, por una parte, y por otra parte la protección de los activos situados en el interior de la instalación.

6 PROTECCIÓN Y SEGURIDAD QUÍMICAS: SISTEMA DE GESTIÓN DEL RIESGO

Si bien los sistemas de gestión del riesgo relacionados con la protección y seguridad químicas tienen muchas características comunes, también pueden entrar en conflicto entre ellos. Existen numerosas publicaciones sobre sistemas de gestión del riesgo, desde las que presentan metodologías teóricas al respecto hasta las que reflejan los requisitos de los gobiernos o las normas internacionales. Cada publicación va dirigida a un público diferente y tiene un propósito distinto, utiliza terminologías diversas y a menudo se basa en una estructura diferente. Las orientaciones que se repiten en las secciones que aparecen a continuación se basan en lo siguiente:

- a. aportaciones de expertos internacionales;
- b. procedimientos utilizados en sistemas establecidos de gestión del riesgo;
- c. las normas internacionales descritas en las normas ISO 45001 e ISO 35001 de la Organización Internacional de Normalización;
- d. las directrices gubernamentales publicadas por la *Occupational Safety and Health Administration* (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional, OSHA) de los Estados Unidos de América, tituladas “*Occupational Safety and Health Program Management Guidelines*”; y
- e. las recomendaciones del *American Institute of Chemical Engineers* (Instituto de Ingenieros Químicos de los Estados Unidos de América, AIChE), contenidas en dos publicaciones: “*Guidelines for Risk-Based Process Safety*” y “*Guidelines for Analysing and Managing the Security Vulnerabilities of Fixed Chemical Sites*”^{16,17,18,19}.

En el plano más básico, cada una de estas referencias sugiere unos sistemas de gestión del riesgo relacionado con la protección y la seguridad que se ordenan en cuatro esferas:

- a. compromiso de la dirección y los empleados con la seguridad y la protección;
- b. comprensión de los peligros, activos, amenazas y riesgos;

¹⁶ Organización Internacional de Normalización, ISO 45001:2018, “Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo” (2018), <https://www.iso.org/iso-45001-occupational-health-and-safety.html> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

¹⁷ Organización Internacional de Normalización, ISO 35001:2019, “Gestión del riesgo biológico en laboratorios y otras organizaciones relacionadas” (2019), <https://www.iso.org/standard/71293.html> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

¹⁸ Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos de América, “*Safety and Health Program Management Guidelines*” (2015), https://www.osha.gov/shpmguidelines/SHPM_guidelines.pdf (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

¹⁹ Instituto de Ingenieros Químicos de los Estados Unidos de América, *Guidelines for Risk-Based Process Safety*, DOI: 10.1002/9780470925119.

- c. gestión de los riesgos; y
- d. aprendizaje a partir de la experiencia con el fin de mejorar.

Al final de estas directrices de la OPAQ se presenta una recopilación de estudios monográficos que se centran en distintas hipótesis relacionadas con la seguridad y protección químicas (véase el apéndice A).

7 COMPROMISO DE LA DIRECCIÓN Y LOS EMPLEADOS CON LA SEGURIDAD Y LA PROTECCIÓN

El primer paso que se ha de dar en cualquier programa de seguridad y protección química robusto consiste en sensibilizar tanto a la dirección como a los empleados respecto de la importancia de la seguridad y la protección y alentar su compromiso con un lugar de trabajo más seguro y protegido. Las medidas comunes de gestión del riesgo procuran aumentar el compromiso de la dirección y los empleados por medio de varios elementos. Los aspectos más importantes de este proceso se describen a continuación.

7.1 Participación y compromiso de la dirección

Puesto que la dirección de la empresa actúa como modelo a seguir para todas las personas presentes en el lugar de trabajo, en particular los empleados, los contratistas y las visitas, su compromiso palpable con la seguridad y la protección constituye un firme indicador de que estos elementos son parte integrante del lugar de trabajo. Por ello, la participación y el compromiso de la dirección en relación con la seguridad y protección químicas es de la máxima importancia. Los gestores de las pymes en particular ejercen una gran influencia sobre el éxito de los programas de seguridad y protección, ya que pueden incidir directamente en el nivel de seguridad y protección de la empresa. Los aspectos que se relacionan a continuación son elementos esenciales que asegurarán el éxito de la dirección en su empeño por lograr un lugar de trabajo más seguro y mejor protegido:

1. **Responsabilidad:** La dirección de la empresa debe definir las funciones o responsabilidades en materia de seguridad y protección que se prevén de los empleados, los contratistas o las visitas de todos los niveles. Una vez que estas se hayan especificado, la dirección debe exigir que todos se rijan por estas funciones y responsabilidades, con el fin de asegurar que los programas de seguridad y protección funcionen según lo previsto.
2. **Autoridad:** Toda vez que la dirección de la empresa suele ser responsable de la contratación, promoción, recompensa, penalización o despido de los empleados, debería demostrar palpablemente su compromiso con la seguridad y la protección, con el fin de que los empleados, los contratistas o las visitas notifiquen cualquier inquietud en materia de seguridad o protección sin miedo a las represalias.
3. **Finanzas:** Habida cuenta de que la dirección de la empresa está obligada a aumentar permanentemente la productividad o la calidad de sus productos, las presiones resultantes podrían comprometer involuntariamente los objetivos de seguridad y protección; no obstante, se deben incluir medidas de seguridad y protección como funciones críticas que constituyen inversiones y gastos necesarios para la sostenibilidad del negocio.

4. **Infraestructura:** La dirección de la empresa debe tomar decisiones oportunas tanto respecto de la adquisición de los componentes que guardan relación con la infraestructura principal de seguridad y protección (por ejemplo, los elementos de ventilación o las vallas) como respecto de su mantenimiento y de la inversión en ellos.
5. **Políticas:** La dirección de la empresa debería sensibilizar a todos acerca de la importancia del desarrollo, la aplicación, el cumplimiento y la auditoría de todas las políticas relacionadas con la seguridad y la protección.

7.2 Participación y responsabilidad de los empleados

La participación de los empleados en programas de seguridad y protección es igualmente importante; se deberían tomar todas las medidas necesarias para asegurar que todo el personal comprenda el concepto de seguridad y protección química y esté comprometido con él. Entre los diversos medios disponibles para que los empleados contribuyan a estos programas y participen en ellos se cuentan los siguientes:

1. **Programas de mentorías:** La participación de los empleados en programas de mentorías puede tener lugar dentro o fuera de las pymes. Por ejemplo, los empleados con más categoría o experiencia deberían contribuir a la formación de aquellos con menos categoría o experiencia. Del mismo modo, las pymes podrían considerar la posibilidad de organizar programas de mentoría en colaboración con otras empresas, con el fin de permitir que los miembros del personal aprendan y divulguen prácticas idóneas.
2. **Sesiones informativas:** Antes del comienzo de cada turno, se recomienda que los empleados dediquen unos minutos a intercambiar información sobre cuestiones pertinentes de seguridad y protección.
3. **Reuniones:** Se puede integrar en las reuniones ordinarias la rendición de cuentas en materia de seguridad y protección de manera que los empleados y la dirección puedan intercambiar opiniones sobre enseñanzas extraídas, prácticas idóneas o cuestiones que se han de atender.
4. **Programas de formación y certificación:** Se debe impartir formación y certificar a los empleados de manera permanente y habitual en relación con las políticas de seguridad y protección, con el fin de que puedan lograr un mejor desempeño. Además, el desempeño en materia de seguridad y protección se debe tomar en cuenta al considerar la posibilidad de ascensos de los empleados.

5. **Comités:** Se debe alentar la participación de los empleados en comités de seguridad y protección, tanto en las pymes como en el sector de la industria o las asociaciones sindicales (por ejemplo, *Responsible Care*[®]), o en grupos de trabajo internacionales.

7.3 Promoción de una cultura de seguridad y protección

La promoción de una cultura de seguridad y protección alienta a los empleados a comprender las prácticas de seguridad y protección y a seguirlas, incluso cuando trabajan sin ser observados. Si bien las metodologías adoptadas para la elaboración de estas políticas varían, las medidas siguientes pueden fomentar una cultura de seguridad y protección más sólida:

1. Definición de objetivos realistas en materia de seguridad y protección (por ejemplo, objetivos SMART²⁰);
2. Comunicación y ejecución transparente de los objetivos de seguridad y protección. La dirección de las pymes debe fomentar una comunicación abierta entre todos los niveles de empleados que trabajan en ellas;
3. Programación de sesiones de intercambio entre iguales durante las cuales se puedan poner en común las prácticas idóneas y las enseñanzas extraídas de los cuasiaccidentes, incidentes o accidentes; e
4. Implantación de sistemas que premien el compromiso con unas prácticas de seguridad y protección adecuadas y pertinentes en el contexto cultural.

Solamente se deben aplicar sanciones o medidas disciplinarias cuando estén justificadas, guarden proporción con el incidente en cuestión y sean adecuadas en el contexto cultural. Se debe poner cuidado en evitar penalizar a aquellos empleados que manifiesten inquietudes en materia de seguridad o protección, ya que el resultado podría ser que los empleados no declarasen información importante por temor a las represalias. La dirección de la empresa debe hacer todo lo posible para fomentar una cultura de comunicación y transparencia, en particular por los medios siguientes:

1. Desarrollar mecanismos destinados a velar por que solo se formalicen contratos con proveedores de bienes y servicios u otros socios comerciales cualificados (y, cuando proceda, certificados o autorizados para ejercer su actividad);

²⁰

Los objetivos SMART son, por sus siglas en inglés: “Specific (específicos), Measurable (mensurables), Achievable (alcanzables), Relevant (pertinentes), y Time-Bound (con plazos establecidos)”, *SMART Goals: A How to Guide*, <https://www.ucop.edu/local-human-resources/files/performance-appraisal/How%20to%20write%20SMART%20Goals%20v2.pdf> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

2. Unirse a organizaciones profesionales o asociaciones de la industria o el sector (por ejemplo, *Responsible Care*[®]), o a grupos de trabajo nacionales o internacionales y sus programas de formación o enseñanza. Esta participación en calidad de miembros dará acceso a las pymes a información relativa a las prácticas idóneas en materia de seguridad, protección y medio ambiente; y
3. Promover las Directrices Éticas de La Haya (véase el apéndice B).

7.4 Cumplimiento

Es importante que los dirigentes de las pymes cumplan tanto con la legislación como con las normas, códigos o políticas vigentes en materia de seguridad y protección. El cumplimiento de estas medidas ayuda a reducir las responsabilidades en el supuesto de que se produjera un incidente o accidente químico, y también permite la realización de auditorías sistemáticas para determinar si se cumplen los programas de seguridad y protección en una instalación. En el cuadro que aparece a continuación se describen algunas de las medidas que se pueden adoptar al respecto:

Cuadro 2. Legislación, normas, códigos y políticas

Término	Definición	Organización o ejemplo
Legislación	Legislación y requisitos establecidos en los planos local, nacional o internacional	Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA)/Registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH) Acuerdos e instrumentos multilaterales de las Naciones Unidas relativos a las sustancias y los productos químicos
Normas	Conjunto no vinculante de directrices formuladas por una organización basada en el consenso que representan una “forma acordada de hacer las cosas”	Organización Internacional de Normalización (ISO) <i>American Society for Testing and Materials International</i> (Sociedad estadounidense para pruebas y materiales, ASTM)
Códigos	Serie de principios y directrices formulada por una sociedad profesional, asociación del comercio y la industria o empresa	OPAQ (por ejemplo, las Directrices Éticas de La Haya) Consejo Internacional de asociaciones de la industria química (ICCA)/ <i>Responsible Care</i> ®
Políticas	Directrices y normas formuladas por la empresa, de obligado cumplimiento para sus empleados	Directrices o normas relativas al medio ambiente, la seguridad, la protección o la salud

7.5 Sensibilización

Las pymes deben tomar en consideración la seguridad y protección de sus empleados, contratistas y visitas, así como la seguridad y protección de las comunidades circundantes²¹.

Las empresas pueden servirse de los programas de sensibilización para los fines siguientes:

1. Comprender mejor los recursos, la situación y las preocupaciones de una comunidad (por ejemplo, capacidades de primera respuesta, nivel de delincuencia, información sobre el consumo de agua, etc.); y
2. Establecer confianza y relaciones positivas en el seno de las comunidades. No se debe subestimar la importancia de estas actividades en el transcurso de las operaciones ordinarias y durante cualquier crisis. Sin embargo, en todo esfuerzo destinado a la sensibilización se ha de poner cuidado para no revelar ninguna información sensible.

²¹ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, “Concienciación y preparación para emergencias a nivel local (APELL)”, <https://www.unenvironment.org/explore-topics/disasters-conflicts/what-we-do/preparedness-and-response/awareness-and-preparedness>

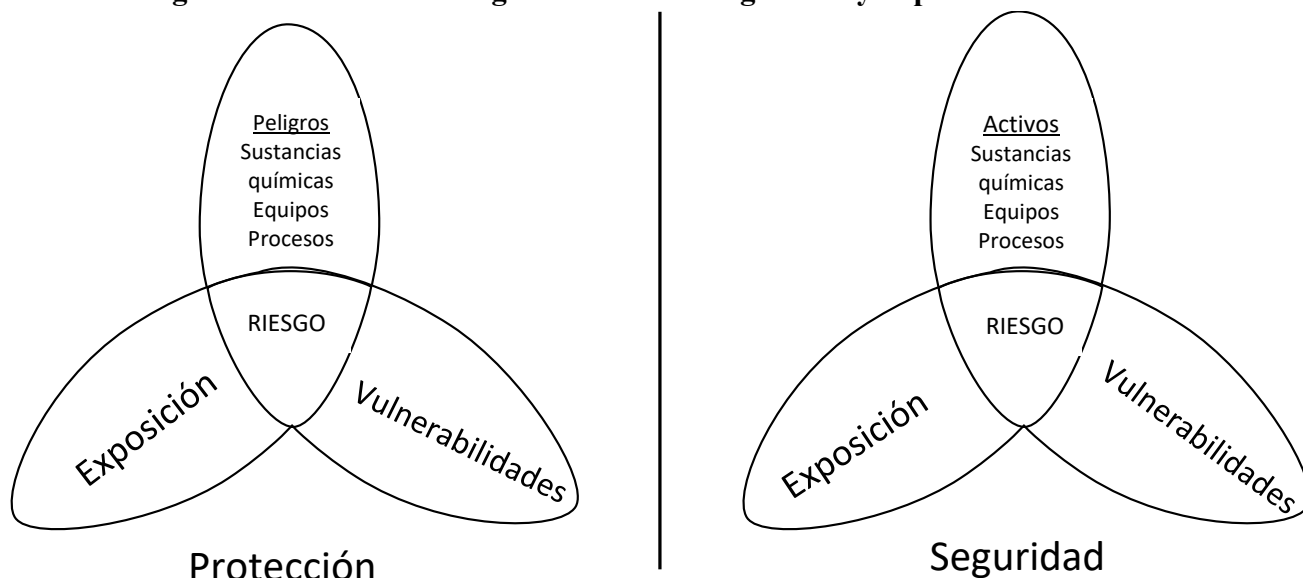
8 COMPRENSIÓN DE LOS PELIGROS, ACTIVOS, AMENAZAS Y RIESGOS

En el plano más básico, los riesgos de seguridad y protección entrañan una respuesta a las preguntas siguientes²²:

- ¿Qué problemas podrían surgir?
- ¿Qué probabilidades hay de que surjan estos problemas?
- ¿Qué posibles efectos podrían causar?

En la figura 2 a continuación se describen algunos de los factores pertinentes en materia de seguridad y protección.

Figura 2. Factores de riesgo relativos a la seguridad y la protección²³



El riesgo en materia de protección es la interacción entre las exposiciones, las vulnerabilidades y los peligros. El riesgo en materia de seguridad es la intersección de los activos, las amenazas y las vulnerabilidades.

Una evaluación del riesgo es el proceso estructurado que responde a estas preguntas por los medios siguientes:

²² Kaplan S, y Garrick BJ, “On the Quantitative Definition of Risk”, *Risk Analysis*, Vol. 1, No. 1, 1981.

²³ Figura creada con Adobe Illustrator CC 2019 durante el Taller sobre creación de herramientas de gestión de la seguridad y protección químicas, celebrado en La Haya (Países Bajos) los días 25 a 27 de marzo de 2019.

1. Identificación de peligros, amenazas, activos y vulnerabilidades (Figura 2);
2. Análisis y evaluación de la probabilidad de que se produzca un incidente o accidente y de sus posibles consecuencias (Figura 3, a continuación), así como de las vulnerabilidades, mediante la evaluación de la eficacia de los controles existentes; e
3. Identificación de controles destinados a atenuar el riesgo y priorización de estos controles.

La mayoría de las pymes cuentan con recursos limitados para el control de los riesgos en materia de protección y seguridad. Por consiguiente, es importante que se lleve a cabo una priorización sistemática de los riesgos, de manera que los recursos se utilicen con la máxima eficiencia y de manera que se mejore y afiance su control. En el cuadro que aparece a continuación se expone un ejemplo. Una evaluación de los riesgos debería sentar las bases para este proceso; puede permitir identificar los riesgos inaceptables y justificar la necesidad de implantar medidas de control adicionales que puedan utilizarse para atenuar esos riesgos.

Figura 3. Ejemplo de cuadro de matriz de riesgos

		Consecuencias				
Gravedad		Insignificante	→			Catastrófica
Personas		Lesiones leves	→			Muertes
Activo		Impacto leve	→			Daños generalizados
Medio ambiente		Impacto leve	→			Daños graves
Reputación		Impacto leve	→			El negocio fracasa
Probabilidad	varias veces al año	Casi seguro				
	↑	Probable				
		Posible				
		Poco probable				
	No ha ocurrido nunca	Raro				

El texto que aparece en cursivas reproduce ejemplos de frecuencias o niveles de gravedad. Las pymes deben formular criterios específicos para el emplazamiento. El color rojo representa el máximo riesgo; el naranja representa un riesgo entre mediano y elevado; el amarillo representa un riesgo entre mediano y bajo; y el verde representa el riesgo mínimo²⁴.

²⁴ Figura creada con Adobe Illustrator CC 2019 durante el Taller sobre creación de herramientas de gestión de la seguridad y protección químicas, celebrado en Almaty (Kazajstán) los días 2 a 6 de diciembre de 2019.

Las evaluaciones del riesgo conllevan el beneficio adicional de aportar información relativa a aspectos conexos de la gestión del riesgo, y en particular la siguiente información correspondiente a la empresa²⁵:

- a. si cumple con la normativa gubernamental;
- b. si existe una planificación relativa al mantenimiento preventivo;
- c. si se actualizan periódicamente los planes de emergencia;
- d. si se llevan registros sistemáticos de los accidentes o incidentes;
- e. si se identifican las necesidades de formación o de supervisión;
- f. si se evalúan los flujos de trabajo junto con otras dependencias o procesos;
- g. si se justifican las necesidades de espacio y equipo;
- h. si se evalúan los cambios de procedimiento; o
- i. si se lleva a cabo una planificación previa en el caso de reformas en las instalaciones.

En última instancia, las evaluaciones del riesgo ayudan a las pymes a identificar su tolerancia ante los riesgos, ya que aportan un enfoque sistemático a la determinación de si un riesgo es o no es aceptable. Los correspondientes criterios se pueden investigar a partir de información contenida en la normativa del país, o los puede fijar la propia pyme. Estos criterios pueden ser de índole cualitativa, semicualitativa o cuantitativa, a tenor de la posible gravedad del acontecimiento que se esté analizando^{26, 27, 28, 29, 30}.

²⁵ Astuto-Gribble, Lisa M y Caskey, Susan Adele, “*Laboratory Biosafety and Biosecurity Risk Assessment Technical Guidance Document*”, Estados Unidos de América, <https://www.osti.gov/servlets/purl/1171429> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

²⁶ Brasil, norma estatal del Estado de São Paulo CETESB P4.261, adjunto H, páginas 112 y 113, <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/P4261-revisada.pdf> (consulta de fecha 20 de mayo de 2021).

²⁷ Departamento de Salud, Seguridad en el Trabajo y Administración Sanitaria de los Estados Unidos de América, “Norma final en materia de gestión de la seguridad de los procesos relativos a sustancias químicas y agentes explosivos de lata peligrosidad” (*Final Rule on Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals; Explosives and Blasting Agents*), Registro Federal 57, No. 6356 (24 de febrero de 1992), <https://www.osha.gov/laws-regs/federalregister/1992-02-24> (consulta de fecha 4 de mayo de 2021).

²⁸ Instituto Americano de Ingenieros Químicos, Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos, (Center for Chemical Process Safety, CCPS), “*Security Vulnerability Analysis*”, <https://www.aiche.org/ccps/security-vulnerability-analysis> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

²⁹ Instituto Americano de Ingenieros Químicos, Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos, “*Risk Analysis Screening Tool (RAST) and Chemical Hazard Engineering Fundamentals (CHEF)*”, <https://www.aiche.org/ccps/resources/tools/risk-analysis-screening-tool-rast-and-chemical-hazard-engineering-fundamentals-chef> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

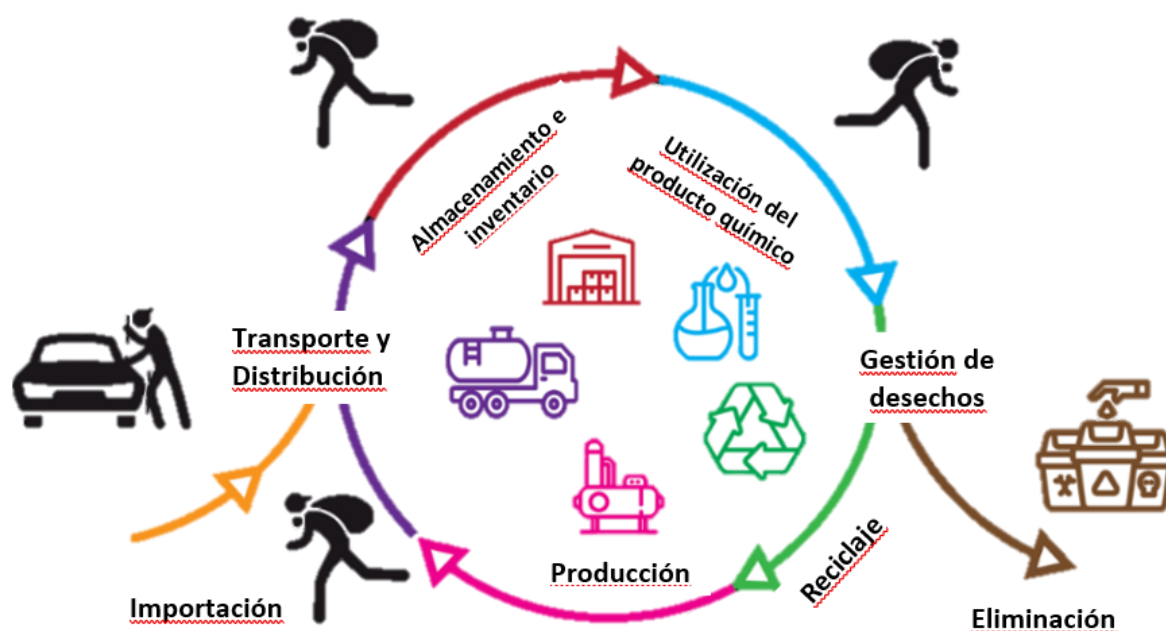
³⁰ Organismo para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América, “*Guidance for Facilities on Risk Management Programs (RMP)*”, <https://www.epa.gov/rmp/guidance-facilities-risk-management-programs-rmp> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

8.1 Realización de una evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo (es decir, la evaluación sistemática de posibles riesgos) es un proceso iterativo que consta de múltiples pasos. Para la correcta identificación de los peligros, los activos y las amenazas presentes en una instalación son necesarias tanto la participación activa en la evaluación de los empleados de todos los niveles que integran los equipos multidisciplinarios como sus aportaciones. Los equipos de evaluación del riesgo deben tener presente que los peligros químicos y las amenazas a los activos se pueden manifestar en todas las fases del ciclo de vida químico (Figura 4, a continuación). Por consiguiente, cada fase del ciclo de vida se debería tomar en consideración desde la perspectiva de los riesgos singulares que presenta.

Las pymes deben llevar a cabo una evaluación del riesgo inicial antes de que comience la producción; no obstante, las evaluaciones permanentes también son importantes, ya que los niveles de riesgo pueden variar a lo largo del tiempo. En ausencia de modificaciones, las evaluaciones periódicas del riesgo consolidan la sensibilidad de los empleados ante los riesgos e identifican desviaciones involuntarias en las prácticas de trabajo. Las revalidaciones o revisiones de evaluaciones del riesgo anteriores deben identificar, evaluar y sugerir controles relativos a cualquier nuevo peligro. Tras una revisión de los resultados de cualquier evaluación del riesgo, las pymes deben actualizar sus medidas de control con el fin de atender cualquier riesgo inaceptable.

Figura 4. Ciclo de vida químico: Vulnerabilidades en materia de seguridad y protección químicas³¹



³¹ Laboratorios Nacionales Sandia, “*Security Concepts*”, SAND2020-6798 TR, Albuquerque, Nuevo México, Estados Unidos de América.

8.2 Identificación de activos, peligros y amenazas

Las evaluaciones del riesgo relativas a la seguridad y protección parten de una definición de la situación. Esta medida implica la identificación para fines de evaluación de los activos, peligros, amenazas, y medidas de protección y seguridad de la pyme.

8.3 Cribado de peligros y activos

Las pymes pueden estar en posesión de tan solo algunas sustancias químicas, o pueden poseer cientos o incluso miles de esas sustancias; sin embargo, no todas ellas representan un riesgo considerable en el contexto de la protección o de la seguridad. Para reducir el riesgo general en una instalación, las pymes deberían priorizar los recursos, destinándolos a las sustancias químicas o a otros activos más peligrosos. Los productos químicos o los equipos o información conexos pueden suscitar preocupaciones en el contexto de la seguridad o la protección si son tóxicos, explosivos o inflamables, o si tienen valor monetario o pueden servir para la producción de drogas ilícitas o armas químicas.

La priorización se debe guiar por las posibles consecuencias que las sustancias químicas presentes en las pymes pudieran tener para la salud, la seguridad, el medio ambiente, la economía o la reputación. Al priorizar los activos y los peligros químicos la empresa debe dar importancia a lo que haría que estas sustancias químicas fueran peligrosas (*cuestiones de protección*) o valiosas para un adversario cuya intención fuera causar daño (*cuestiones de seguridad*). A continuación se relacionan algunas preguntas que podrían ser de ayuda para esta priorización:

1. ¿Se trata de una sustancia química de elevada toxicidad (*seguridad y protección*)?
2. ¿Se trata de una sustancia química de toxicidad crónica (*protección*)?
3. ¿Se trata de una sustancia química inflamable o explosiva (*seguridad y protección*)?
4. ¿Se sabe que la sustancia química se utiliza para fines ilícitos (*seguridad*)?
5. ¿Se trata de un precursor de armas químicas, de una droga ilícita o de un explosivo (*seguridad*)?
6. ¿Se trata de una sustancia química costosa (*seguridad*)?

Se recomienda que, para identificar si las sustancias químicas plantean inquietudes en materia de seguridad o protección, el usuario consulte recursos de fuentes públicas, entre las que se cuentan las siguientes:

- a. la legislación nacional;
- b. las fichas de datos de seguridad, que se pueden obtener de los proveedores, de la base de datos de sustancias peligrosas GESTIS³² o de PubChem³³;
- c. el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA)³⁴;
- d. el Anexo sobre sustancias químicas de la Convención³⁵;
- e. la Lista de control de las exportaciones, del Grupo de Australia (GA): precursores de armas químicas³⁶;
- f. la Unión Europea (legislación de control de las exportaciones) (UE)³⁷; y
- g. el Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos de América, *Chemical Facilities Anti-Terrorism Standards Chemicals (CFATS)* (Normas contra el terrorismo para las instalaciones químicas: sustancias químicas), Apéndice A, *Chemicals of Interest (COI)* (Sustancias químicas de interés)³⁸.

Equipo: Los equipos químicos podrían planear unos riesgos de protección mayores que las propias sustancias químicas, o podrían aumentar los riesgos que plantean estas últimas; en particular, el equipo puede hacer que se eleven las temperaturas de aquellas sustancias químicas que no entran en reacción bajo condiciones ambientales, convirtiéndolas en sustancias muy peligrosas (por ejemplo, haciendo que se superen el punto de inflamación o el punto de ebullición).

³² Instituto de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Seguros Sociales de Accidentes de Alemania, Base de Datos de Sustancias GESTIS, “*Sistema de Información sobre Sustancias Peligrosas de los Seguros Sociales de Accidentes, Base de Datos de Sustancias GESTIS*” (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

³³ Estados Unidos de América, Departamento de Salud y Servicios Humanos, [National Center for Biotechnology Information](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/), PubChem, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

³⁴ Naciones Unidas, *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos* (Séptima edición, Capítulo 1.5, pág. 35), Nueva York y Ginebra (2017), https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev07/English/ST_SG_BC10_30_Rev7e.pdf (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

³⁵ Organización para la Prohibición de las Armas Químicas, Anexo sobre sustancias químicas de la Convención sobre las Armas Químicas, <https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention/annexes/annex-chemicals/annex-chemicals>

³⁶ Grupo de Australia, *Export Control List: Chemical Weapons Precursors* (Lista de control de las exportaciones: precursores de armas químicas), <https://www.dfat.gov.au/publications/minisite/theaustraliagroupnet/site/en/precursors.html> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

³⁷ Comisión Europea, Reglamento (CE) No 428/2009 del Consejo, de 5 de mayo de 2009, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009R0428> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

³⁸ Organismo de Ciberseguridad e Infraestructura (Cyber Security & Infrastructure Security Agency), Normas contra el terrorismo para las instalaciones químicas (*Chemical Facilities Anti-Terrorism Standards Chemicals*, CFATS), Apéndice A, *Chemicals of Interest (COI)*, <https://www.cisa.gov/appendix-chemicals-interest> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

Por añadidura, los equipos que requieren que el cuerpo humano realice esfuerzos excesivos o que dan lugar a unos procedimientos poco seguros (o inseguros) podrían causar daños al sistema musculoesquelético (caídas, aplastamientos, etc.), o aumentar la exposición de los empleados a sustancias peligrosas (descargas de gas, procedimientos que causan un ambiente polvoriento, etc.).

Otro factor esencial que las pymes han de tener en cuenta es el doble uso de los equipos. Los equipos son un componente crítico: son necesarios para las empresas legítimas, pero también se pueden utilizar en la producción de armas químicas, explosivos, o drogas ilícitas o recreativas, y por consiguiente pueden estar en el punto de mira de quienes pudieran desear robarlos o sabotearlos. El Grupo de Australia ha desarrollado un manual de referencia para los empleados que se ocupan del control de la proliferación de las armas biológicas o químicas³⁹. Ese manual contiene listas de precursores de armas químicas, de instalaciones de fabricación de sustancias químicas de doble uso, y de los correspondientes equipos y tecnologías conexas.

Varios países, en cumplimiento de la Resolución 1540 (2004), del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas, por la que se dispone que “todos los Estados deben abstenerse de suministrar cualquier tipo de apoyo a los agentes no estatales que traten de desarrollar, adquirir, fabricar, poseer, transportar, transferir o emplear armas nucleares, químicas o biológicas y sus sistemas vectores ... en particular con fines de terrorismo”⁴⁰, han establecido normativas para el control de exportaciones de equipos de doble uso, comprendidos los programas informáticos o la tecnología, que puedan ser utilizados para fines tanto civiles como militares. La Unión Europea también ha promulgado legislación por la que se establece un régimen europeo para el control, la transferencia, el corretaje y el tránsito de productos de doble uso que incluye una lista de estos equipos y tecnologías⁴¹.

El equipo químico usado puede resultar atractivo para personas con intenciones maliciosas. Las pymes deberían tener presente que este tipo de personas podrían procurar obtener equipo usado o no deseado, bien por medio de intercambios personales o bien mediante adquisiciones en línea o recuperación de estos equipos de contenedores o desguaces, donde podrían estar abandonados o amontonados. Por consiguiente, las empresas deben poner cuidado y ejercer vigilancia al enajenar, vender o intercambiar equipos obsoletos.

³⁹ Grupo de Australia, Manuales de listas comunes de control (*Common Control List Handbooks*), <https://australiagroup.net/en/controllisthandbooks.html> (consulta de fecha 20 de mayo de 2021).

⁴⁰ Naciones Unidas, Resolución 1540 (2004) del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas, <https://www.un.org/disarmament/wmd/sc1540/> (consulta de fecha 20 de mayo de 2021).

⁴¹ Comisión Europea, “Reglamento (CE) (n.º 428/2009 de 5 de mayo de 2009 por el que se establece un régimen comunitario de control de las exportaciones, la transferencia, el corretaje y el tránsito de productos de doble uso (versión refundida)”, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:134:0001:0269:en:PDF>

A menudo, los problemas para la protección que plantea el desguace de estos equipos se descuidan o se pasan por alto. Es fundamental eliminar cuidadosamente todo el líquido contenido en los equipos, y limpiarlos y descontaminarlos cuidadosamente antes de su enajenación, venta o intercambio, de manera que se eliminen de ellos cualquier sustancia o residuo químicos que pudieran ser peligrosos. Estos procesos deben ser realizados y supervisados por empleados o contratistas que cuenten con experiencia y formación, quienes también se harán cargo de su certificación. Esta atención a los detalles es importante para la protección de cualquier usuario posterior que pudiera someter los equipos a operaciones de desguace adicionales, por ejemplo, cortarlos, triturarlos, molerlos, reciclarlos o recuperarlos para su reutilización. Es posible que estas personas no comprendan debidamente los peligros químicos conexos ni conozcan las medidas de protección adecuadas (EPP, controles de ingeniería, etc.) que se deberían aplicar.

8.4 Información para fines de seguridad

El robo o la divulgación de información son posibilidades que a menudo se pasan por alto cuando se lleva a cabo una evaluación de los riesgos de seguridad. La divulgación de información se puede llevar a cabo a través de múltiples plataformas, en particular el correo electrónico, los medios sociales, los documentos escritos o las notas de prensa. Entre los tipos de información sensible que podrían incluirse en este tipo de evaluación del riesgo se cuentan los siguientes⁴²:

- a. material de investigación sin publicar;
- b. inventarios de sustancias químicas;
- c. información de identificación personal correspondiente a los empleados u otras personas que tienen acceso a la instalación;
- d. planes de negocio;
- e. protocolos de seguridad;
- f. planos o diseños de las instalaciones;
- g. ubicación de sustancias químicas de alto riesgo; o
- h. información sobre la ocupación de los edificios.

La información que se relaciona arriba debe estar protegida, ya que podría ser de ayuda para los adversarios en la identificación de la cantidad o la ubicación de activos valiosos, señalar a su atención las vulnerabilidades en materia de seguridad o permitirlos amenazar el bienestar de los empleados.

⁴² Nelson, Andrew Wyatt y Malcahy, Mary Beth, *op. cit.*, pág. 23.

8.5 Identificación de las amenazas para la seguridad

Una vez priorizados los peligros y los activos, se puede proceder a identificar las posibles amenazas que pudieran plantear los adversarios. Entre ellas se podrían contar las amenazas que suponen los investigadores o las empresas que compiten con la entidad interesada, los delincuentes en busca de artículos para su venta, los empleados descontentos o los terroristas u otros extremistas. Estos distintos grupos o personas obedecen a unos motivos muy diferentes; por ejemplo, entre sus intenciones se pueden contar las siguientes⁴³:

- a. causar víctimas;
- b. efectuar una declaración política;
- c. causar daño o destrucción;
- d. obtener beneficios de sus actividades;
- e. propagar el miedo;
- f. destruir u obtener información que es objeto de derechos de propiedad;
- g. realizar algún tipo de protesta; o
- h. tomar represalias contra lo que se percibe como un daño causado.

Podría ser conveniente o necesario colaborar con las instituciones locales encargadas de hacer cumplir la ley con el fin de intercambiar la información pertinente. Como alternativa, las organizaciones podrían elaborar una lista de posibles adversarios o de adversarios teóricos con una serie de características correspondientes a una gama de motivaciones o capacidades; esta lista permitiría a las pymes llevar a cabo diferentes tipos de análisis que les serían de ayuda para evaluar sus vulnerabilidades en materia de seguridad.

8.6 Medidas de seguridad y protección

Las medidas de protección en materia de seguridad se formulan para proteger a las personas, la información y los activos de toda pérdida o peligro por medio de la aplicación de varias técnicas de prevención. Por consiguiente, se recomienda que en las instalaciones se apliquen las estrategias siguientes para atenuar los riesgos en materia de seguridad y protección:

⁴³ Nelson, Andrew Wyatt y Malcahy, Mary Beth, *op. cit.*, pág. 14 y pág. 27.

**Cuadro 3. Estrategias de prevención para disuadir, detectar, retrasar y responder
(defensa y recuperación)**

Estrategia	Descripción	Ejemplo
Disuadir	Substitución o eliminación del riesgo con miras a reducir su atractivo para un adversario o aumento del número de barreras con miras a desalentar a un posible adversario del intento de robo o sabotaje de un activo.	Protección: Los correspondientes carteles y advertencias en las zonas de trabajo podrían reducir el riesgo al advertir a los empleados de las condiciones peligrosas y limitar su acceso a las zonas peligrosas. Seguridad: Las vallas o las cámaras de televisión en circuito cerrado rodeando el perímetro de la instalación podrían disuadir a los adversarios que quisieran intentar penetrar en ella.
Detectar	Aumento (mediante la formación) de las capacidades del personal para identificar a personas no autorizadas (adversarios) que intentaran acceder a la instalación. El objetivo consiste en detectar el acceso no autorizado lo antes posible. Aumento de la capacidad del personal para identificar riesgos o controlar el sistema, con el fin de identificar desviaciones o alteraciones del proceso y a continuación tomar medidas rectificativas, humanas o automatizadas, para evitar que el incidente siga su curso.	Protección: Las alarmas de baja presión pueden indicar fugas en el equipo u obstrucciones en algún conducto. Los transmisores de alto nivel pueden indicar la posibilidad de rebosamiento y cerrar una válvula automática en la tubería de lámina u obturar la bomba de alimentación antes de que se produzca una fuga. Seguridad: Los detectores de movimiento harán sonar una alarma en el supuesto de que se produzca un acceso no autorizado.
Retrasar	Aumento de las barreras destinadas a ralentizar tanto a un posible adversario como al progreso de un acontecimiento dañino hasta que el personal de respuesta pueda realizar una evaluación e intervenir.	Protección: Las medidas de contención de derrames (en particular los bordillos de restricción o los sistemas de fosas de drenaje) pueden evitar que los derrames se extiendan en toda la instalación o se propaguen al medio ambiente circundante. Seguridad: Se pueden aplicar medidas como puertas bloqueadas, portones cerrados o barreras de pinchos para dar tiempo a que lleguen los agentes de seguridad.
Responder (Defender)	Aumentar la velocidad, el número o la eficacia del personal de respuesta que ha de cerrar el paso a un adversario o proteger a los empleados y a la comunidad circundante.	Protección: Los equipos de respuesta ante la emergencia pueden poner fin a las fugas, recoger los desechos para su eliminación o limpiar los derrames. Seguridad: Los agentes de seguridad o los

		policías o agentes locales deben ser notificados lo antes posible con el fin de que puedan detener a los adversarios.
--	--	---

8.7 Consideraciones adicionales

En ocasiones las pymes llevan a cabo sus operaciones en parques industriales, en estrecha proximidad a otras instalaciones. Los peligros que pudieran derivarse de cada una de estas instalaciones podrían requerir de medidas de seguridad y protección de distintos niveles, dando lugar a un mosaico de medidas en el interior del parque industrial. La coordinación y la comunicación con otros representantes de la industria podrían ser de ayuda para atender el perfil de riesgo general del parque industrial, y podrían resultar en unas medidas de seguridad y protección normalizadas, obtenidas a un costo reducido. Por ejemplo, un parque industrial debería contar con un único equipo centralizado de preparación y respuesta ante las emergencias en relación con los incidentes de protección y seguridad química, cuyos gastos de infraestructura, operaciones y de mantenimiento podrían compartir todas las empresas ubicadas en ese parque industrial⁴⁴.

⁴⁴ Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Estados Unidos de América, Directrices para la gestión del programa de seguridad y salud, “*Safety and Health Program Management Guidelines*” (2015), https://www.osha.gov/shpmguidelines/SHPM_guidelines.pdf (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

9 GESTIÓN DE LOS RIESGOS

A continuación se presenta un resumen de los conceptos y elementos comunes que están presentes en la mayoría de los sistemas de gestión de riesgos de seguridad y protección.

9.1 Protección y control de peligros y activos

La aplicación de los tratamientos del riesgo debe cumplir con cuatro principios básicos. Estos tratamientos han de ser tratamientos:

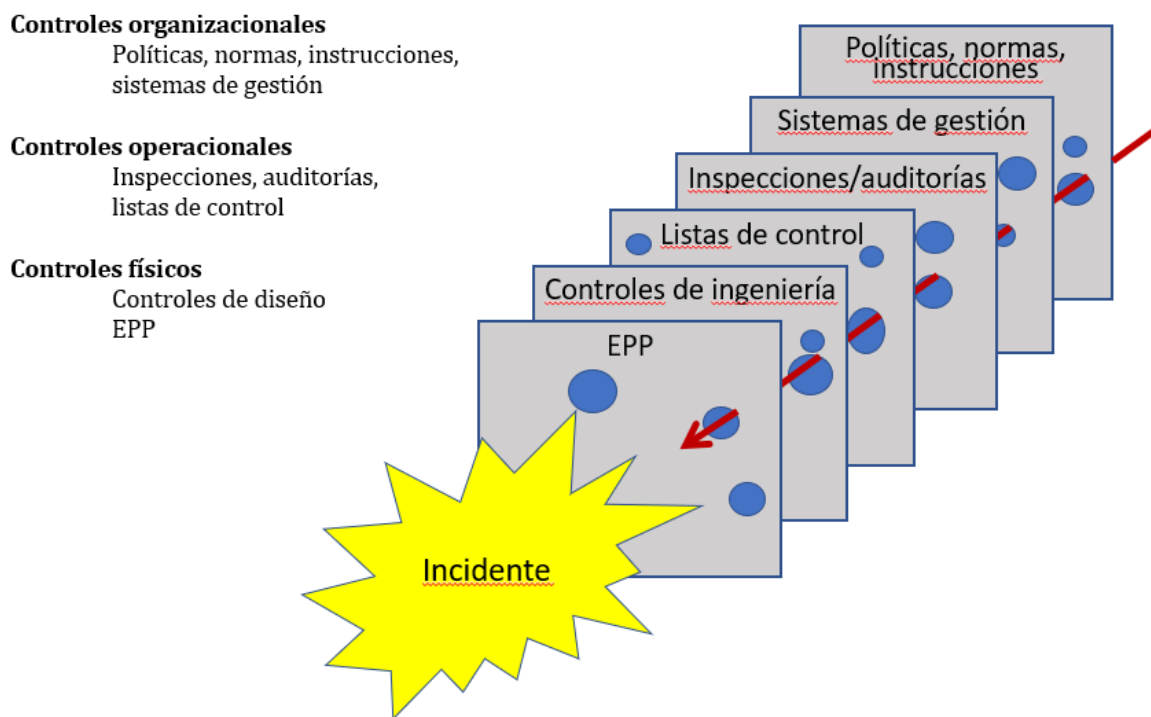
1. Equilibrados;
2. Estratificados;
3. Graduales; y
4. Basados en jerarquías⁴⁵.

Las medidas de seguridad y protección no deben abordarse por partes, sino que deben examinarse en su conjunto. Ello significa que deben ser *equilibradas*, es decir, deben estar basadas en las necesidades y la situación particulares de la pyme en cuestión. En algunas pymes, las preocupaciones en materia de protección pueden ser mayores que las relativas a la seguridad, mientras que en otras puede darse la situación inversa; por lo tanto, el nivel de los controles debe reflejar la naturaleza de esas preocupaciones.

Ningún control de mitigación de riesgos será absolutamente fiable. Toda medida de control entraña la posibilidad de un fallo, como se ilustra en la figura del "Modelo del queso suizo" (véase la figura 5 a continuación), que es una herramienta de evaluación para el análisis y la mitigación del riesgo ampliamente utilizada en diversas esferas (por ejemplo, en los procesos químicos). Este modelo representa los riesgos de seguridad y protección de las pymes como lonchas de queso suizo apiladas una al lado de la otra, e ilustra que es posible evitar que un error en un agujero o en una loncha (nivel) afecte a otras lonchas o capas mediante la eliminación de las vulnerabilidades (agujeros) en cada loncha. De acuerdo con este modelo, los riesgos se mitigan mejor mediante un *enfoque estratificado*, es decir, un enfoque que utiliza múltiples estratos o capas independientes de protección.

⁴⁵ García, Mary Lynn, *Design and Evaluation of Physical Security Systems* (2ª edición, 2007), DOI: 10.1016/C2009-0-25612-1.

Figura 5. "Modelo del queso suizo" para múltiples capas de controles destinados a mitigar los riesgos⁴⁶



Por consiguiente, la aplicación de una combinación de controles organizativos, operativos y físicos proporcionará un sistema más fiable (ver el cuadro 4 a continuación). Desde la perspectiva de la protección, ello puede llevar a la empresa a adoptar una acción totalmente automatizada para detener un proceso (si ello fuera necesario) y también a instalar una alarma que, cuando se active, requiera la respuesta de un operador para detener el progreso del proceso e impedir que este continúe. Desde la perspectiva de seguridad, ello puede significar que se hayan de limitar progresivamente varios puntos de acceso para los empleados, contratistas o visitantes, a medida que la sensibilidad de las zonas aumente.

Cuadro 4. Tipos de control: organizacional, operacional y físico

Categoría de control	Descripción	Ejemplo
Organizativo	Formulación de políticas, reglas, instrucciones y sistemas de gestión	General: Imposición de límites de velocidad para los automóviles. Protección química: Establecimiento de políticas y procedimientos operativos normalizados (PON) sobre la forma de usar los EPP y sobre cómo debe responder el

⁴⁶

Figura creada por las personas que han contribuido a la elaboración de este documento.

		personal ante las emergencias o los incidentes críticos (cuando se activen las alarmas). Exigir a todo el personal que cuente con formación en materia de protección y con formación en el empleo de EPP. Seguridad química: Establecimiento de una política que restrinja el acceso a las zonas sensibles únicamente a los empleados autorizados.
Operacional	Realización de tareas como la formulación de procedimientos, la realización de inspecciones y auditorías o la redacción de listas de verificación para los empleados	General: Un agente de policía que hace cumplir el límite de velocidad. Protección química: Creación de PON correspondientes a la forma de utilizar el EPP y de responder ante las emergencias o los incidentes críticos (cuando se activen las alarmas). Seguridad química: Establecimiento de un cronograma para las inspecciones del perímetro del polígono, que habrán de ser realizadas por agentes de seguridad.
Físico	Adquisición y utilización de objetos físicos que puedan servir de contención, prevención o separación en relación con la exposición a productos químicos, el robo o el sabotaje	General: Construcción de reductores de velocidad que puedan ralentizar el movimiento de los coches. Protección química: Fomento del uso de alarmas, campanas extractoras, rociadores, EPP, enclavamientos automatizados, dispositivos de alivio de presión, diques o sistemas de generación de espuma. Seguridad química: Alarmas de edificios, cercas o vallas, puertas y paredes.

Un *enfoque gradual* sugiere que las medidas de mitigación del riesgo deben estar basadas en el riesgo. Los materiales, procesos y lugares de trabajo de mayor riesgo deben salvaguardarse mediante un número adicional de capas de protección y unos controles más rigurosos que los que se aplican en el caso de los de menor riesgo. Por ejemplo, el acceso a un espacio público como puede ser una cafetería podría efectuarse a través de una puerta desbloqueada, mientras que el acceso a una zona de alto riesgo podría requerir la presentación a un agente de seguridad de algún tipo de identificación, el uso una llave especial para entrar en el edificio o la utilización de sistemas de televigilancia por circuito cerrado del lugar de trabajo. Este concepto de control gradual de los riesgos también afianza la protección al restringir el acceso a las zonas más peligrosas de la instalación por personas que no estén cualificadas o autorizadas para ello.

Un concepto importante utilizado en la protección química para la selección de medidas de control es la *jerarquía de los controles* ⁴⁷ o el principio "STOP" (por sus siglas en inglés: "Sustitución, medidas Técnicas, Organización y equipos de Protección individual"). Estos conceptos definen una jerarquía que sirve para clasificar la efectividad de los posibles controles para la reducción de los riesgos; también se puede extrapolar el principio STOP a las jerarquías de control de seguridad.⁴⁸

Cuadro 5. La jerarquía de los controles⁴⁹

Medida	Descripción	Ejemplo
Eliminación	La eliminación es un proceso basado en retirar el peligro del lugar de trabajo. Es la forma más efectiva de controlar un riesgo, ya que su resultado es que el peligro ya no está presente. Es la forma preferida de controlar un peligro y debe usarse siempre que ello sea posible.	Eliminación de las instalaciones de productos químicos, dispositivos o equipos no deseados o que no se utilicen. Nota: Este enfoque da apoyo directo a los objetivos de protección y de seguridad.
Sustitución	La sustitución se produce cuando un producto químico peligroso, o un proceso o equipo conexas, se reemplaza con otro que es menos peligroso. El riesgo no se elimina por completo, pero se reduce.	Sustitución de disolventes orgánicos por disolventes acuosos. Nota: Este enfoque a menudo sirve para apoyar los objetivos de protección y los de seguridad; sin embargo, algunas sustituciones destinadas a reducir el riesgo de seguridad pueden inadvertidamente hacer que aumenten los riesgos de protección, y viceversa.
Ingeniería de diseño (medidas técnicas)	Los controles de ingeniería son métodos que se incorporan en el diseño de una planta, equipo o proceso para minimizar los peligros. Son una forma muy fiable de controlar las exposiciones de los empleados, siempre y cuando el diseño, la utilización y el mantenimiento de los controles sean adecuados.	Control de procesos de protección y seguridad. Contención o aislamiento de sustancias peligrosas. Ventilación de gases o humos peligrosos.

⁴⁷ Estados Unidos de América, Centros para el Control y la Prevención de las Enfermedades (*United States Centers for Disease Control and Prevention*), "Hierarchy of Controls", <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html> (consultado el 20 de mayo de 2021).

⁴⁸ *Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung* (DGUV), principio STOP, <http://nano.dguv.de/en/prevention/stop-principle/> (consultado el 20 de mayo de 2021).

⁴⁹ El material de este cuadro ha sido citado y extraído de "Health and Safety Programmes, Hazard Control" (Programas de salud y seguridad, control de peligros), del Centro de Salud y Seguridad en el Trabajo del Canadá (*Canadian Centre for Occupational Health and Safety*), www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_control.html (consultado el 20 de mayo de 2021).

Medidas administrativas	Los controles administrativos mejoran la protección y la seguridad mediante la aplicación de políticas y medidas administrativas y la exigencia de su cumplimiento. Estas medidas de control, si bien no afectan directamente al peligro o activo en sí, moderan las expectativas o los comportamientos de las personas en el entorno de los peligros y los activos.	Restricción del acceso a un área de trabajo. Restricción de las tareas únicamente a las personas que cuentan con las competencias o cualificaciones necesarias para realizar el trabajo. Rotación de los turnos de trabajo para limitar el tiempo de exposición de los individuos a una sustancia. Definición de los productos químicos que deben protegerse en una instalación; formulación de políticas y procedimientos de acceso para vigilar el uso de productos químicos peligrosos.
EPP	El EPP (equipo de protección personal) incluye artículos que proporcionan una barrera entre el usuario y el material o producto químico. Sin embargo, el EPP nunca debería ser el único método utilizado para reducir la exposición, ya que puede fallar (dejar de proteger) con escaso preaviso o sin preaviso alguno. El EPP es la última línea de defensa.	Respiradores, vestimenta protectora (por ejemplo, guantes, protectores faciales, protección ocular o calzado). Nota: Una buena analogía para la seguridad sería la conciencia situacional. Las personas que son conscientes de lo que está sucediendo a su alrededor pueden ayudar a identificar las “señales de alarma” relativas a la seguridad a medida que estas aparecen.

9.2 Procedimientos operativos en materia de protección y seguridad

La documentación exhaustiva de los procedimientos operativos constituye un paso crítico hacia el establecimiento de una instalación segura y protegida. Pueden sobrevenir accidentes o incidentes cuando un empleado, contratista o visitante no entiende el idioma en el que se han redactado los procedimientos de protección y seguridad, y por consiguiente tiene dificultades para seguir esos procedimientos. Las pymes deben asegurarse de que todos los empleados puedan comprender los procedimientos escritos y sean conscientes de que cada etapa del ciclo de vida presenta unos riesgos singulares en materia de seguridad y protección química, que deben gestionarse. A continuación se presentan una descripción de cada parte del ciclo de vida y algunas consideraciones de protección y seguridad fundamentales:

Cuadro 6. Procedimientos operativos de protección y seguridad a lo largo del ciclo de vida químico

Etapas del ciclo de vida	Descripción	Consideraciones de seguridad y protección
Adquisición	La debida diligencia en la selección de un proveedor de productos químicos fiable y fidedigno puede incidir en la seguridad en el polígono en todos los planos, a nivel tanto local como global.	Protección: La utilización de proveedores fiables y fidedignos reducirá la probabilidad de que los materiales sean de mala calidad o de que los ingredientes estén mal etiquetados. Seguridad: Los proveedores poco fiables podrían dar apoyo directo o indirecto a operaciones delictivas locales, o en algunos casos a naciones que están fuera de la ley.
Almacenamiento	El almacenamiento seguro y protegido de los productos químicos puede reducir la probabilidad de robo de productos químicos o de sabotaje, incendios, explosiones, derrames o reacciones adversas. Se puede solicitar al fabricante o proveedor de productos químicos que tome disposiciones en materia de almacenamiento adecuado; por otra parte, las etiquetas y las fichas de datos de seguridad deben contener información.	Protección: Los productos químicos deben segregarse cuando sea necesario y almacenarse en recipientes apropiados. Las fichas de datos de seguridad para cada producto deben estar disponibles en todo momento en los almacenes u otras instalaciones de almacenamiento. Seguridad: Los productos químicos que pudieran constituir un riesgo para la seguridad deben protegerse adecuadamente.
Inventario	Los inventarios periódicos y sistemáticos de los productos químicos y el mantenimiento de registros son componentes importantes de un programa de gestión de la seguridad y protección química debidamente establecido. El seguimiento puede incluir la recopilación y el mantenimiento de información, en particular de la siguiente: • Números del CAS • Requisitos de	Protección: Unas listas, actualizadas permanentemente, de los productos químicos presentes en el emplazamiento y de sus cantidades pueden ayudar al personal de primera respuesta en el supuesto de derrame o liberación de sustancias químicas. Seguridad: Las bases de datos de inventarios deben estar protegidas y ser tratadas como fuentes de información confidencial, ya que pueden proporcionar información a posibles adversarios respecto de los objetos susceptibles de robo o sabotaje que están presentes en una instalación. Toda retirada de productos químicos debe registrarse (indicando el nombre el empleado que retiró el producto químico, y en qué cantidades).

	almacenamiento • Cantidades • Fechas de fabricación y caducidad de los productos químicos • Peligros potenciales • Requisitos de EPP	
Empleo o Producción	Deben desarrollarse y utilizarse PON, listas de verificación u otras formas de documentación para todas las actividades relevantes.	Protección: La documentación para todas las actividades relevantes debe incluir los procesos o protocolos de protección que se espera que los empleados apliquen o sigan. Seguridad: La documentación para todas las actividades relevantes debe incluir los protocolos o prácticas de seguridad que todos los empleados han de seguir.
Gestión de desechos	Las empresas deben revisar la legislación nacional vigente de aplicación en materia de identificación, caracterización, manipulación y eliminación adecuadas de los desechos; dichos desechos siempre deben identificarse y describirse como tales. La empresa debe contratar y trabajar con contratistas de servicios de gestión de desechos que sean fiables y fidedignos. Cuando los productos se puedan reciclar o reutilizar, se ha de poner cuidado en documentar con precisión los protocolos destinados a mantener la protección y la seguridad.	Protección: Se debe proporcionar documentación sobre la compatibilidad de los desechos para fines de su mezcla. Seguridad: Si preocupan el robo o sabotaje de desechos, estos deben estar adecuadamente contenidos. Los contratistas de servicios de gestión de desechos deben ser seleccionados por medio de la debida diligencia, con miras a su fiabilidad y credibilidad. Equipo: También se debe poner cuidado en garantizar que el equipo químico usado se elimine adecuadamente y no se desvíe a terceros sin que se hayan llevado a cabo verificaciones adecuadas de antecedentes y protección. La empresa debe asegurarse en todo momento de que el equipo no llegue a manos de personas con intenciones dolosas (manteniendo con ello la seguridad).
Transporte	Las empresas deben asegurarse de que los materiales estén debidamente embalados para su transporte seguro (tal como se describe en la ficha de datos de seguridad).	Protección: La documentación debe incluir especificaciones respecto del tipo adecuado de vehículos que se han de utilizar para el transporte de productos químicos, los límites de carga para los vehículos y las prácticas seguras que se habrán de seguir durante la carga y descarga de productos químicos.

	Todos los envíos deben ir acompañados de las correspondientes fichas de datos de seguridad.	Seguridad: Se deben seleccionar contratistas de transporte fiables y fidedignos. Cuando ello sea posible y procedente, se deben aplicar medidas de seguridad física a los envíos (por ejemplo, cierres a prueba de manipulación, rastreo por GPS para productos críticos, etc.).
Ventas / Distribución	Se debe contar con protocolos que permitan determinar si las ventas de productos químicos o de equipo nuevo o usado se destinan al propósito previsto. Estos protocolos se suelen denominar "Conozca a su cliente" ⁵⁰ .	Protección: Los posibles peligros asociados con los productos químicos y los equipos conexos deben documentarse y proporcionarse a los clientes. Seguridad: Se debe poner cuidado durante la venta a los clientes de productos químicos o equipos peligrosos o de doble uso. Las ventas sospechosas deben ser objeto de estudio y revisión cuidadosos antes de procederse a la entrega de los productos. En caso de duda, la empresa debe negarse a efectuar la venta. Los casos graves deben notificarse a los organismos encargados de hacer cumplir la ley.

9.3 Prácticas de trabajo en condiciones de seguridad y protección

Para garantizar la protección, la seguridad y la fiabilidad del lugar de trabajo es necesario poner en marcha una serie de medidas estructurales y administrativas, en particular las siguientes:

- medidas de garantía de la integridad y fiabilidad de la instalación;
- medidas de garantía de que la instalación se ha diseñado como una instalación segura;
- establecimiento de programas de higiene industrial y de higiene en el trabajo;
- designación de personal encargado de la protección y seguridad químicas;
- provisión de programas de vigilancia médica;
- gestión o supervisión de los contratistas;
- gestión eficaz del cambio;
- elaboración de planes de gestión de emergencias; y
- atención debida a los factores humanos.

⁵⁰ Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos (*United States Department of Homeland Security*), "If You See Something, Say Something"TM (pág. 2), <https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/sec-say-chemical-security-trifold-508.pdf> (consultado el 4 de mayo de 2021).

9.3.1 Garantía de la integridad y fiabilidad de la instalación

La totalidad de la instalación donde se fabrican y almacenan los productos químicos debe recibir un mantenimiento adecuado y hallarse en condiciones de seguridad y protección. El mantenimiento y la inspección rutinarios de los equipos, materiales e instalaciones (es decir, las “buenas prácticas” ambientales y comerciales) ayudan a garantizar la integridad de la infraestructura y a identificar vulnerabilidades antes de que sobrevengan accidentes o incidentes. Cuando proceda, el entorno se debe controlar para evitar que la vegetación oculte el perímetro de la instalación. Cuando sea de utilidad, los contratos de servicio correspondientes a los equipos se deben formular de manera que se garantice la fiabilidad de esos equipos.

9.3.2 Garantía de que la instalación se ha diseñado como una instalación segura

Antes de que se construya una instalación, su diseño debe incorporar la planificación de medidas de seguridad y protección químicas. Este concepto a menudo se conoce por las expresiones “diseño intrínsecamente seguro” o “diseño intrínsecamente protegido”⁵¹. Con independencia de que las medidas de protección o seguridad se hayan incorporado en la instalación original, el perfil de riesgo de esa instalación cambiará con el tiempo, por lo que podría ser necesario introducir cambios o actualizaciones en las características de protección y seguridad.

9.3.3 Establecimiento de programas de higiene industrial y de higiene en el trabajo

Las pymes deben considerar la posibilidad de consultar con especialistas en higiene industrial (higiene en el trabajo) que les ayuden a mitigar las preocupaciones identificadas en materia de protección química y estar preparadas para responder ante cualquier incidente de este tipo. La higiene industrial (higiene en el trabajo) es una ciencia dedicada a la identificación, la evaluación y el control de las condiciones laborales causantes de enfermedades o lesiones⁵². Entre las actividades típicas que deben estar presentes en un programa de higiene industrial se cuentan las siguientes:

- a. la vigilancia de las concentraciones de agentes tóxicos en el aire y su eliminación o reducción cuando sea necesario; y
- b. el seguimiento y la reducción de la exposición de los empleados a peligros físicos en el lugar de trabajo, y en particular a ruido, calor, radiación u otros factores físicos que afectan a su salud.

⁵¹ Estados Unidos de América, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, *Prevention through Design* (2013), <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ptd/default.html> (consultado el 4 de mayo de 2021).

⁵² Crowl, Daniel A. y Louvar, Joseph F, *Chemical Process Safety Fundamentals with Application* (2ª edición, p.63, [10.2478/s11532-012-0131-1](https://doi.org/10.2478/s11532-012-0131-1))

9.3.4 Designación de personal encargado de la protección y seguridad químicas

Las pymes deberían considerar la posibilidad de designar a miembros del personal encargados de la seguridad y protección química para que realicen evaluaciones rutinarias de las condiciones de protección y seguridad de la instalación. Las pymes pueden considerar la posibilidad de añadir responsabilidades en materia de protección y seguridad a aquellos miembros del personal cuyas tareas actuales abarquen las áreas de medio ambiente, cumplimiento o auditoría. En cualquier caso, la dirección de la empresa debe dedicar recursos suficientes (horas de trabajo, presupuesto) a la seguridad y protección químicas.

9.3.5 Provisión de programas de vigilancia médica

De acuerdo con las directrices nacionales e internacionales las pymes deben procurar ofrecer programas de vigilancia médica para todos los empleados⁵³. Se han de tomar en consideración las situaciones hipotéticas o tareas específicas que pudieran causar una exposición crónica o aguda de los empleados a productos químicos tóxicos, a condiciones de trabajo peligrosas o repetitivas (problemas ergonómicos) o a unas condiciones de trabajo estresantes (problemas psicosociales). Se debe proporcionar atención médica a los empleados que sufran exposiciones o lesiones ocupacionales⁵³.

9.3.6 Gestión o supervisión de los contratistas

Por lo general son las empresas químicas quienes contratan a los contratistas. En algunos casos los contratistas trabajan a diario en las instalaciones, ocupándose de diversas formas de las tareas que suelen realizar los empleados ordinarios. En otros casos, los contratistas visitan las instalaciones solo de forma periódica, por ejemplo, para entregar envíos de materias primas. Los contratistas deben recibir, en función de las necesidades, información, recursos o capacitación en materia de protección y seguridad. Las pymes deben explicar claramente a los contratistas qué tipo de formación en materia de protección y seguridad deben haber recibido, y solicitarles documentación que demuestre que los contratistas han alcanzado el nivel específico deseado de competencia en seguridad y protección químicas. En el cuadro que figura a continuación se destacan algunos ejemplos de consideraciones de protección y seguridad relativas a los contratistas:

⁵³ Organización Internacional del Trabajo, "Medical and health surveillance" (2004), <https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/cis/products/safetytm/chemcode/13.htm> (consultado el 4 de mayo de 2021).

Cuadro 7. Ejemplos de consideraciones de protección y seguridad para contratistas

Protección	Seguridad
Transporte: Verificación de que los conductores estén en posesión de licencias adecuadas y vigentes; que cuenten con un EPP apropiado; y que comprendan las normativas relevantes. Gestión de desechos: La empresa debe proporcionar a los contratistas información adecuada sobre la composición de los residuos químicos y sobre los peligros y procesos potenciales existentes en la planta. También debe validar la eliminación por los contratistas de los desechos peligrosos en unas instalaciones de tratamiento adecuadas y aprobadas. Línea de producción: Se debe impartir formación sobre los protocolos de emergencia que se utilizan en la instalación.	Antecedentes desconocidos: Las pymes suelen saber menos acerca de los contratistas que acerca de sus propios empleados; por consiguiente, puede resultarles más difícil evaluar sus antecedentes. Es aconsejable que las pymes lleven a cabo verificaciones exhaustivas de los antecedentes de los contratistas, en la medida en que ello esté permitido. Falta de familiaridad con los protocolos de seguridad: Los contratistas podrían inadvertidamente dejar los materiales desprotegidos si no han recibido capacitación relativa a los requisitos de seguridad.

9.3.7 Gestión eficaz del cambio

Las empresas deben tener previsto que, con el tiempo, se producirán cambios en la industria química. Estos cambios pueden sobrevenir por varias razones, y en particular como resultado de innovaciones, de que los empleados dejan la empresa o se jubilan, de la sustitución de equipos o de la modificación de los reglamentos y la introducción de otros nuevos. A medida que estas condiciones fluctúan, es natural que también se modifiquen los factores operativos y los riesgos que estos plantean. Por lo tanto, es importante que las pymes gestionen estos cambios y reaccionen ante ellos sin dilación y debidamente. A continuación se presentan algunas áreas comunes que deben ser objeto de seguimiento y actualización rutinarias:

- a. planes de negocios;
- b. PON;
- c. Fichas de datos de seguridad;
- d. planes técnicos y esquemas de ingeniería (planos de emplazamiento; diagramas de procesos e instrumentación; mapas o planos de sistemas de drenaje o recogida de aguas pluviales o de procesos, etc.);
- e. inventarios (con cantidades y emplazamientos, etc.);

- f. documentación con detalles acerca de la instalación y su diseño;
- g. registros de personal (en particular los resultados de las verificaciones de seguridad y antecedentes);
- h. planes de respuesta ante emergencias;
- i. información sobre la legislación y las normativas pertinentes;
- j. copias e información sobre normas o convenios internacionales publicados por organizaciones internacionales o gobiernos (el SGA; el ICCA; la OIT; la ISO; la OPAQ; la OCDE; la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (OCDE); el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); y la OMS).⁵⁴

9.3.8 Elaboración de planes de gestión de emergencias

Las empresas que han puesto en marcha planes de gestión de emergencias tienen mayores probabilidades de tomar unas decisiones correctas que permitan salvar vidas en situaciones de emergencia. A la luz de lo anterior, es fundamental que las pymes desarrollen y pongan en práctica planes de gestión de emergencias y de respuesta ante ellas. En algunos casos los simulacros pueden necesitar el apoyo de los cuerpos de bomberos, de las fuerzas del orden o de otras agencias externas. A continuación se enumeran algunas sugerencias sobre cómo una empresa debe desarrollar sus planes y estrategias de respuesta a emergencias. La empresa debe:

- a. desarrollar todos los planes de respuesta ante emergencias que impliquen protección química y seguridad, y revisarlos y actualizarlos periódicamente;
- b. informar e impartir formación a toda persona antes de que esta ingrese en las instalaciones; se les debe aclarar qué hacer y con quién contactar en caso de emergencia;

⁵⁴ Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). Entre las publicaciones que son particularmente relevantes se incluyen las siguientes: *Principios guías para la prevención de accidentes químicos, preparación y respuesta*, de la OCDE (2ª edición, 2003). En la página 32 al final del capítulo 1 de la versión en inglés aparece información que trata específicamente de las necesidades de las pymes; <http://www.oecd.org/env/ehs/chemical-accidents/Guiding-principles-chemical-accident.pdf>. OCDE, *Gobernanza empresarial para la seguridad de los procesos: Directrices para los altos cargos de las industrias de alto riesgo* (2012), OCDE Medio Ambiente, Salud y Seguridad, Programa de Accidentes Químicos, <https://www.oecd.org/env/ehs/chemical-accidents/corporate%20governance%20for%20process%20safety-colour%20cover.pdf>. OCDE, *Guidance on Change of Ownership in Hazardous Facilities* (2018), OCDE Medio Ambiente, Salud y Seguridad, Programa de Accidentes Químicos, No. 31.

- c. confirmar que toda la información de contacto de emergencia sea exacta y esté actualizada;
- d. realizar con regularidad ejercicios o simulacros de planes y procedimientos;
- e. asegurarse de que estén disponibles todos los equipos y los recursos necesarios para cualquier respuesta de emergencia;
- f. garantizar que se formalicen memorandos de entendimiento o planes de intercambio de recursos adecuados con los cuerpos de bomberos locales, con las fuerzas del orden o con otras empresas, según sea necesario;
- g. tomar disposiciones para que los cuerpos de bomberos locales o las fuerzas del orden realicen visitas periódicas al polígono;
- h. desarrollar un plan apropiado para el “uso de la fuerza”, en caso de que ello fuera necesario en el transcurso de una respuesta de seguridad⁵⁵.

9.3.9 Atención debida a los factores humanos

La gestión de riesgos debe tener en cuenta la ergonomía, es decir, la influencia de los factores humanos y su impacto en la ingeniería y el diseño de productos, sistemas y procesos⁵⁶. Las decisiones o comportamientos de los seres humanos pueden conducir a accidentes o incidentes, en particular en relación con los sistemas (incluidos los sistemas de programas informáticos) que no fueron diseñados teniendo en cuenta la psicología o la fisiología humanas. Por consiguiente, se persigue el objetivo de reducir los errores, aumentar la protección y la seguridad e incrementar la productividad y la comodidad mediante la consideración de la interacción de los seres humanos con la tecnología y el entorno de trabajo.

De no tomarse en consideración los factores humanos, es probable que los empleados encuentren atajos o soluciones que socaven y cortocircuiten las medidas de protección y seguridad existentes. Por ejemplo, cuando los sistemas de seguridad física causan largas demoras para los empleados que entran o salen de la instalación, estos empleados podrían dejar abierta una puerta que debería estar cerrada. Del mismo modo, si el calor causado por el clima o las condiciones de trabajo hace incómodo para el personal el uso de EPP, los empleados podrían optar por quitarse el EPP por motivos de comodidad, incluso cuando esta decisión aumenta su posible exposición a productos químicos peligrosos.

⁵⁵ Universidad de Ginebra, Uso de la fuerza en la aplicación de la ley y el derecho a la vida: el papel del Consejo de Derechos Humanos (*Use of Force in Law Enforcement and the Right to Life: The Role of the Human Rights Council*) (2016), https://www.geneva-academy.ch/joomlatools-files/docman-files/in-brief6_WEB.pdf

⁵⁶ Información obtenida durante las comunicaciones personales con el Departamento de Factores Humanos de los *Sandia National Laboratories*, 5 de diciembre de 2019.

Entre las preguntas que las empresas deben hacerse al atender la cuestión del impacto de los factores humanos se cuentan las siguientes:

1. ¿Está cualificada para realizar el trabajo de forma independiente la persona que realiza este trabajo?
2. ¿Ha recibido una formación en protección y seguridad adecuada para las tareas que se le han encomendado?
3. ¿Hay algunos aspectos de las condiciones de trabajo que podrían incidir negativamente en la capacidad de los empleados para llevar a cabo tareas relacionadas con la protección y la seguridad (el entorno es demasiado ruidoso, está demasiado concurrido, hace demasiado frío, hace demasiado calor o recibe demasiado sol)?
4. ¿Cuentan los empleados con el tiempo o los recursos necesarios para desempeñar sus funciones adecuadamente? ¿Se requiere de los empleados que realicen múltiples tareas al mismo tiempo?
5. ¿Incide negativamente el gran número (o la ineficiencia) de los requisitos de protección y seguridad en la productividad, o causan estos requisitos trastornos para la realización por los empleados del resto de sus tareas?

10 APRENDIZAJE A PARTIR DE LA EXPERIENCIA

El resto de los componentes críticos de un sistema de riesgos de seguridad y protección deben ser los que se dedican a que la empresa aprenda, a partir tanto de la experiencia como de la comunidad química, con el fin de lograr una mejora permanente de sus medidas de seguridad y protección. Para ese fin, la empresa debe centrarse en las cuatro esferas siguientes:

- a. evaluación del desempeño;
- b. informes sobre accidentes o incidentes e investigaciones conexas;
- c. auditoría y formulación de medidas correctivas; y
- d. formación y capacitación.

10.1 Evaluación del desempeño

Para determinar la eficacia de las medidas de seguridad y protección, las pymes deben recabar información sobre aquellos indicadores de desempeño en materia de seguridad y protección que son pertinentes para sus empresas. La OCDE y otras organizaciones pueden aportar orientaciones en cuanto a la selección de indicadores pertinentes para las condiciones y situaciones locales^{57,58}.

En el cuadro 8 que aparece a continuación se presentan algunos ejemplos de indicadores de desempeño en materia de seguridad y protección que las empresas pueden tomar en consideración:

⁵⁷ Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, *Guidance on Developing Safety Performance: Indicators related to Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response for Industry* (2ª edición, 2008), https://read.oecd-ilibrary.org/environment/guidance-on-developing-safety-performance-indicators-for-industry_9789264221741-en#page1

⁵⁸ Estados Unidos de América, Junta de Seguridad Química (*Chemical Safety Board*), <https://www.csb.gov/>

Cuadro 8. Indicadores de desempeño en materia de seguridad y protección

Indicadores de protección	Indicadores de seguridad
Se han definido y ejecutado controles de protección para cada riesgo importante.	Se han definido y ejecutado controles de seguridad para cada activo importante.
Se han definido las principales consecuencias que pueden resultar de los fallos relativos a la protección; todos los empleados los comprenden cumplidamente.	Se han explicado las consecuencias del robo y el sabotaje en las instalaciones tanto a los empleados como a los miembros de la dirección, quienes las comprenden.
La gravedad de las consecuencias de los acontecimientos adversos y la probabilidad de que estos se produzcan se han identificado para cada posible peligro.	Se ha identificado para cada activo la probabilidad de que se produzca un incidente adverso.
Se ha logrado una reducción en el número de cuasiaccidentes (accidentes químicos).	Se ha reducido el número de robos de la instalación; también se ha reducido la cantidad de materiales cuyo paradero se desconoce.
Se han reducido los números de lesiones, accidentes o muertes en la instalación.	Se han reducido los tiempos de respuesta necesarios por parte del personal de seguridad.
Se han reducido los tiempos de respuesta ante las emergencias.	Se ha reducido la incidencia de las vulneraciones de la seguridad.

10.2 Informes sobre accidentes e investigaciones conexas

La exactitud y celeridad en la elaboración de informes sobre accidentes e incidentes y en las investigaciones conexas pueden ser de ayuda para las pymes en la identificación de vulnerabilidades, de las causas de los accidentes o incidentes y de las medidas correctivas que se han de adoptar al respecto. Por otra parte, las empresas no deben pasar por alto la importancia de la elaboración de informes sobre cuasiaccidentes y de las investigaciones conexas, es decir, de los incidentes que pudieran haber causado daños o lesiones pero que no lo hicieron debido a la prevención del peligro. Habida cuenta de que los cuasiaccidentes indican la existencia de unas vulnerabilidades fundamentales en materia de seguridad y protección que deberían ser atendidas, se ha de alentar al personal a informar sobre estos acontecimientos, de manera que la empresa pueda llevar a cabo investigaciones y evitar la probabilidad de que estos incidentes se produzcan.

De igual manera, las investigaciones de cuasiaccidentes brindan a la empresa una oportunidad para comprender cuáles de las medidas de seguridad y protección tuvieron resultados satisfactorios y por qué los tuvieron, colaborando con ello a que se evite cualquier exposición a sustancias peligrosas o liberación de estas sustancias. Con posterioridad a cualquier accidente, incidente o cuasiaccidente, las pymes deberían poner en común las enseñanzas extraídas con los interesados pertinentes.

10.3 Auditoría y medidas correctivas

Las auditorías brindan a las pymes una oportunidad para determinar si la instalación y las operaciones cumplen con las normas, los códigos y los reglamentos. Así, las auditorías tanto internas como externas permiten a las pymes saber si el sistema de gestión de la seguridad y la protección funciona según lo previsto. Se pueden localizar tanto información detallada en materia de auditoría como las correspondientes herramientas por conducto de una diversidad de organizaciones, en particular la ISO ⁵⁹ y la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) en los Estados Unidos de América⁶⁰.

La dirección de la empresa debe examinar cuidadosamente los informes de auditoría y los relativos a las medidas correctivas, y responder a ellos mediante la formulación de unos planes de acción en los que se incorporen los correspondientes plazos, se designe a las personas que serán responsables de la ejecución de las recomendaciones y se dispongan medidas de seguimiento de la ejecución hasta que esta se haya concluido.

10.4 Formación y capacitación

Las pymes deben proporcionar a los empleados información suficiente y exacta acerca de los riesgos que entrañan las sustancias químicas, los medios para controlar o gestionar esos riesgos, o cualquier otra preocupación en materia de seguridad y protección químicas. Una evaluación del riesgo puede orientar a la dirección de la empresa en la determinación de la información que se debería compartir con los empleados. Se debe impartir formación y capacitación tanto a los nuevos empleados en el contexto del proceso de su incorporación a la empresa (socialización organizativa) como a todos los empleados en el contexto de un programa cíclico.

⁵⁹ Organización Internacional de Normalización, ISO 19011:2018, “Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión” (2018), <https://www.iso.org/standard/70017.html> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

⁶⁰ Estados Unidos de América, Departamento de Trabajo, “[Recommended Practices for Safety and Health Programs, Explore Tools](https://www.osha.gov/safety-management/explore-tools)” (2016), <https://www.osha.gov/safety-management/explore-tools> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

Existen numerosos recursos para la formación en seguridad y protección, gratuitos y de fácil acceso, en la internet⁶¹, ⁶². Entre los recursos adicionales que ofrecen información y capacitación en materia de seguridad y protección se incluyen las instituciones académicas locales, las empresas de consultoría privadas, las autoridades de la administración del gobierno o las asociaciones profesionales o comerciales. No existe un formato prescrito para la puesta en común de información o la creación de capacidades. Deben mantenerse registros de la formación, para fines de auditoría.

⁶¹ *American Chemical Society* (Sociedad Química de los Estados Unidos de América), “*Chemical and Laboratory Safety*”, <https://www.acs.org/content/acs/en/chemical-safety.html> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

⁶² Estados Unidos de América, Adademias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina (*National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*), “*Chemical Laboratory Safety and Security, A Guide to Prudent Chemical Management*”, <http://dels.nas.edu/global/bcst/Chemical-Management> (disponible en árabe, francés, indonesio e inglés).

11 RIESGOS EMERGENTES EN MATERIA DE CIBERSEGURIDAD

Las tecnologías de la información (TI) y los sistemas de control industrial automatizados emergentes brindan a las pymes la posibilidad de una mayor automatización, interconectividad y productividad; sin embargo, estos útiles también entrañan ciertos riesgos que se han de gestionar en materia de ciberseguridad^{63, 64}. Antes de introducir nuevas tecnologías, en particular la IA, la computación en la nube o las cadenas de bloques⁶⁵, las pymes deben evaluar los riesgos conexos e identificar los planes de atenuación correspondientes. Al igual que sucede con las orientaciones en materia de gestión de los equipos y las sustancias químicas, los recursos cibernéticos y de computación deben ser objeto de evaluaciones periódicas para velar por que funcionen conforme a lo previsto.

Un examen de los anteriores ciberataques realizados con programas secuestradores u otros programas maliciosos, en particular WannaCry⁶⁶, Stuxnet⁶⁷, Spectre⁶⁸, Meltdown⁶⁹ o Foreshadow⁷⁰, puede ayudar a las pymes a comprender las consecuencias de los ataques maliciosos y la medida en que están expuestas a ellos. No obstante, habida cuenta de la rápida evolución de las tecnologías cibernéticas, cabe esperar que sobrevengan vulnerabilidades ante nuevos ciberataques. Entre los posibles datos objeto de ciberataques se cuentan los siguientes:

- a. sistemas digitales de control de las operaciones de la instalación;
- b. inventarios;
- c. listas de clientes y listas de precios;
- d. correos electrónicos;

⁶³ Organización Internacional de Normalización, ISO 27001, “Gestión de la seguridad de la información”, <https://www.iso.org/isoiec-27001-information-security.html>

⁶⁴ Estados Unidos de América, Instituto Nacional de Normas y Tecnología (*National Institute of Standards and Technology*), *Cybersecurity*, <https://www.nist.gov/cybersecurity> (consulta de fecha 19 de mayo de 2021).

⁶⁵ Pence, Harry E, “Blockchain: Will Better Data Security Change Chemical Education?”, *Journal of Chemical Education* 2020, 97, 7, 1815-1818, DOI: 10.1021/acs.jchemed.9b00560.

⁶⁶ Estados Unidos de América, Centro Nacional de Ciberseguridad e Integración de las Comunicaciones (*National Cybersecurity and Communications Integration Center*), “What is WannaCry/WannaCryptor?”, https://www.us-cert.gov/sites/default/files/FactSheets/NCCIC%20ICS_FactSheet_WannaCry_Ransomware_S508C.pdf (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

⁶⁷ Kushner, David, “The Real Story of Stuxnet”, *IEEE Spectrum* (Volumen 50, Número 3, marzo de 2013), <https://spectrum.ieee.org/telecom/security/the-real-story-of-stuxnet> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

⁶⁸ “Meltdown and Spectre”, <https://meltdownattack.com/> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021)

⁶⁹ *Ibid.*

⁷⁰ “Foreshadow, Breaking the Virtual Memory Abstraction with Transient Out-of-Order Execution”, <https://foreshadowattack.eu/> (consulta de fecha 5 de mayo de 2021).

- e. listas de ingredientes o formulaciones patentadas; u
- f. otros documentos comerciales sensibles.

A la luz de lo anterior, las pymes deben adoptar un enfoque proactivo en materia de ciberseguridad mediante la aplicación de las siguientes medidas de prevención, entre otras:

1. consultas con expertos en ciberseguridad, según sea necesario;
2. cumplimiento de las notificaciones de los proveedores de computadoras y programas informáticos; o
3. seguimiento de las actualizaciones del soporte físico o los programas informáticos.

El paso a los sistemas digitales plantea un reto singular: las empresas a menudo contratan a proveedores de TI para que les presten asistencia en este proceso. Las empresas deben procurar seleccionar unos contratistas de TI que sean fiables y fidedignos (véase la sección 9.3.6 de este documento en relación con la supervisión de los contratistas).

APÉNDICE A: ESTUDIOS MONOGRÁFICOS

A.1 Protección

Nota: En el sitio en la web de la Comisión de Protección Química (*Chemical Safety Board*) de los Estados Unidos de América se pueden consultar ejemplos detallados de estudios monográficos, investigaciones y recomendaciones⁷¹.

Tipo de amenaza	Ejemplo de acontecimiento
Vertido	<i>Descripción del incidente:</i> En una estación de combustible se produjo un vertido de aproximadamente un metro cúbico (1 m³) de combustible diésel cuando una manguera de transferencia se desprendió de un camión cisterna durante el llenado de un depósito de combustible. De resultas del vertido quedó contaminado el suelo local, que fue recogido para su eliminación. El incidente se produjo porque la plataforma de estacionamiento no estaba pavimentada; por tanto, el material vertido se infiltró en el suelo, dando lugar a la contaminación ambiental. <i>Causa:</i> Al no disponerse de una conexión adecuada para la manguera desde el camión cisterna hasta el tanque de almacenamiento, la operación de llenado se llevó a cabo directamente mediante la inserción de la manguera a través de una boca de acceso abierta en la parte superior del tanque de almacenamiento. La manguera de transferencia se había atado a la boca de acceso con una simple cuerda durante la operación de llenado. Al fallar la cuerda la manguera se desprendió del camión cisterna, causando el vertido. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • La ausencia de un sistema permanente de tuberías en cuello de ganso a prueba de fugas combinado con un acoplamiento para manguera de conexión en seco tuvo como resultado una conexión inestable y poco fiable. • El espacio de estacionamiento para el camión cisterna no estaba pavimentado; tampoco contaba con elementos de retención o contención de derrames, por lo cual el líquido se filtró directamente al suelo. • No se habían desarrollado o ejecutado unos PON adecuados; estos deberían haber incluido instrucciones específicas relativas a inspecciones visuales de las mangueras de transferencia de combustible diésel antes de cada uso.
Procedimientos para la manipulación y	<i>Descripción del incidente:</i> Un barril con una capacidad de 200 litros cargado de material tóxico y corrosivo estaba colocado sobre un palé de madera en un camión plataforma; cuando el operador logístico cortó la

⁷¹

Estados Unidos de América, Junta de Seguridad Química (*Chemical Safety Board*), www.csb.gov

el transporte de sustancias químicas	protección de plástico que servía para retener el barril, el palé cayó al suelo y el contenido se derramó. La fuga creó un charco líquido sobre el pavimento, que al evaporarse generó una nube tóxica que se dispersó sin ninguna consecuencia adicional. El material residual que permaneció sobre el pavimento se regó con chorros de agua contra incendios y se recogió para su eliminación definitiva. <i>Causa:</i> El operador logístico no sabía que un segundo operador, situado en el lado opuesto del camión, había impulsado los barriles hacia adelante al intentar abarcarlos durante la operación de descarga con las pinzas de una carretilla elevadora, desestabilizando a los barriles, que no contaban con ninguna retención. En aquel momento, los procedimientos de operación no incluían instrucciones precisas en cuanto al modo en que se debería llevar a cabo este tipo de operación; tampoco existían procedimientos o instrucciones que aseguraran la comunicación entre ambos operadores durante la ejecución de todas las tareas. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • El envoltorio plástico de los barriles no se debería haber cortado antes de retirarse los palés. • Los PON vigentes durante el incidente no incluían instrucciones pormenorizadas respecto a cómo se había de realizar el procedimiento, ni tampoco insistían en la necesidad de que los operadores mantuvieran una comunicación permanente entre ellos.
Diseño del proceso	<i>Descripción del incidente:</i> Como resultado de una potente explosión y del incendio químico subsiguiente, 4 personas perdieron la vida y 32 de los empleados sufrieron lesiones. La instalación, que realizaba operaciones de mezcla de disolventes, quedó destruida. La explosión causó daños a edificios situados a una distancia de 400 metros del emplazamiento. Cuando tuvo lugar la explosión se estaba produciendo metilciclopentadienilmanganeso tricarbonilo (MCMT, CAS# 12108-13-3). Tras recibir información del operador del proceso acerca de un problema de refrigeración, uno de los propietarios se dirigió a la sala de control para prestar asistencia. Unos minutos más tarde se produjo una explosión en el reactor, de resultas de la cual perdieron la vida el propietario, el operador del proceso y los dos operadores que estaban abandonando la zona del reactor. <i>Causa:</i> El equipo de investigación descubrió que durante el primer paso (metalación) del proceso del MCMT se había producido una reacción exotérmica descontrolada. Se verificó la formulación del lote para determinar la hipótesis más probable de la causa del fallo. Era probable que una falta de refrigeración suficiente durante el proceso hubiera sido la causa de la reacción descontrolada, dando lugar a un aumento incontrolable de la presión y un incremento de la temperatura en el reactor. La presión hizo que explotara el reactor, causando una explosión de su contenido equivalente a la de 640 kilos de TNT.

	<i>Enseñanzas extraídas:</i> • El equipo de investigación identificó como causa inicial la falta de concienciación de la empresa respecto del riesgo de reacción descontrolada relacionado con el MCMT que producía. El equipo de investigación también identificó las siguientes causas que contribuyeron al acontecimiento: • El sistema de refrigeración utilizado por la empresa era susceptible de fallos en puntos individuales, debido a la ausencia de redundancias en el diseño; y • El sistema de alivio del reactor de MCMT no era capaz de aliviar la presión relacionada con una reacción incontrolada. El equipo de investigación recomendó que la concienciación acerca de los peligros se incorporara en el programa de estudios de ingeniería química.
--	---

A.2 Seguridad

Tipo de amenaza	Ejemplo de acontecimiento
Robo	<i>Caso 1: Descripción del incidente</i> Alrededor de 50 palés de drogas, cuyo valor representaba entre 75 y 80 millones de dólares, fueron robados cuando unos ladrones se introdujeron en un almacén de sustancias farmacéuticas. En el momento del incidente, el edificio estaba cerrado. Aunque la instalación no contaba ni con vallas de seguridad ni con vigilantes de seguridad, sí disponía de cámaras de vigilancia y sensores de movimiento. Los ladrones pudieron subir al tejado, descolgarse desde él a una zona del almacén que no estaba dotada de vigilancia y acceder a la sala de control. Desconectaron el sistema de seguridad y elevaron las cajas cargadas de drogas, cargándolas en un remolque de tractor estacionado en el muelle de carga, en una zona a la que las cámaras de vigilancia no tenían acceso. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • Deberían fortalecerse los sistemas de seguridad física (por ejemplo, la empresa debería aumentar su vallado de seguridad). • Deberían instalarse cámaras de vigilancia adicionales con una cobertura ampliada (para cubrir todas las zonas de la instalación y su perímetro); estas cámaras deberían contar con seguimiento humano. • Además de las cámaras de vigilancia debería preverse la actuación de personal de vigilancia y seguridad, especialmente durante las horas en

	las que la instalación permanece cerrada. • Tanto la información sensible como la que no lo es., si son susceptible de ser utilizadas durante un robo (por ejemplo, planos del edificio y ubicación de las salas de control y de computadoras) deberían mantenerse bajo condiciones de protección y seguridad. <i>Caso 2: Descripción del incidente:</i> El conductor de un camión cargado de barriles que contenían distintas sustancias químicas, entre ellas trietanolamina (registro del CAS® # 102-71-6), aparcó su camión en la proximidad de su vivienda. Al regresar a su vehículo, el conductor descubrió que lo habían robado. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • Deben proporcionarse procedimientos claros para el transporte al personal logístico que mueve sustancias químicas peligrosas o contenidas en las Listas (el camión no ha de quedar sin supervisión, etc.), con el fin de que ese personal tenga conocimiento de los procedimientos correspondientes. • La empresa debe velar por que los operadores comprendan y sigan los procedimientos relacionados con el transporte de sustancias químicas; es decir, la empresa debe asegurar que el personal esté en condiciones de realizar o llevar a cabo esos procedimientos. • La empresa debe considerar la posibilidad de instalar dispositivos de rastreo (GPS) y posiblemente también cámaras de salpicadero en sus vehículos, especialmente en los que se utilizan para el transporte de materiales peligrosos.
Terrorismo	<i>Descripción del incidente:</i> El incidente se produjo en una instalación química de producción de bienes de consumo estratégicos. Un grupo de terroristas, que al parecer contaban con conocimientos previos de los planos del polígono, llevaron a cabo un ataque contra la zona de dormitorios de los empleados y la instalación central de procesamiento. Los terroristas colocaron dispositivos explosivos a lo largo de la periferia de la instalación, amenazando con activarlos y destruirla si no se atendían sus demandas. Al parecer, los asaltantes operaban con conocimientos previos respecto de la empresa, y llevaron a cabo búsquedas de puerta en puerta para localizar a empleados específicos. De resultados de este ataque perdieron la vida varios empleados. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • Se ha de someter a una verificación de antecedentes a todos los empleados o contratistas que trabajen <i>in situ</i>, y se ha de determinar si cuentan con antecedentes penales o han tenido problemas de comportamiento.

	Se han de llevar a cabo con regularidad unas pruebas de evaluación de los riesgos rigurosas y actualizadas, y los protocolos de seguridad se han de actualizar y reevaluar periódicamente para minimizar los posibles riesgos y permitir que se dé una respuesta rápida a cualquier ataque o abuso que puedan afectar a la seguridad.
Robo de secreto comercial Delito cibernético	<i>Descripción del incidente:</i> Una empresa química internacional perdió millones de dólares debido al robo de información confidencial realizado por conducto de sus antiguos empleados. Un consultor en tecnología se puso en contacto con antiguos empleados para obtener información pertinente y detallada acerca de la planta y de los procesos químicos que utilizaba. Algunos de estos antiguos empleados seguían contando con información exacta obtenida en el contexto del trabajo que habían realizado anteriormente para la empresa, en particular en lo tocante a los procesos de producción. En base a la información obtenida, la empresa de la competencia construyó plantas químicas nuevas y elaboró los correspondientes procesos, que explotaban esta valiosa información confidencial; ello le permitió obtener contratos importantes y aumentar sus beneficios considerablemente. La empresa química afectada llevó a juicio a la empresa de la competencia. Las personas involucradas fueron condenadas por espionaje económico, posesión de secretos comerciales y ciberataques. <i>Enseñanzas extraídas:</i> - El acceso a la información confidencial debe ser restringido y estar sujeto a medidas de seguridad. - Se deben implementar varios niveles de acceso, es decir, los datos se deben clasificar a tenor de su confidencialidad, y la información importante relacionada con los procesos debe estar sujeta a varios estratos de controles. Estos estratos deben estar ordenados por categorías y nombres, y en última instancia deben estar vinculados a la forma de protección, utilización y transmisión de la información. - Conforme a la legislación nacional y las políticas de la empresa, el personal de recursos humanos debe aplicar todas las políticas pertinentes en materia de seguridad, en particular la verificación de antecedentes penales.
Sabotaje	<i>Descripción del incidente:</i> Una empresa química interrumpió sus operaciones para llevar a cabo actividades de mantenimiento. Al tiempo que se realizaban estas actividades, la dirección decidió mejorar el sistema de televisión por circuito cerrado en la instalación, y algunas de las cámaras se apagaron. Una noche, un empleado de la Subdivisión de Administración, dando por sentado que las cámaras de circuito cerrado estaban apagadas, se introdujo en la zona de producción. Intencionadamente, rasgó una bolsa que contenía una sustancia química sensible al aire y la humedad, y abandonó la zona de producción inmediatamente. Unas horas más tarde,

	la sustancia química entró en combustión y produjo un incendio en la zona de producción que causó grandes pérdidas para la empresa. La investigación reveló que un tercero había pagado al empleado para que rasgara la bolsa que contenía la sustancia química en cuestión, con el fin de sabotear la instalación. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • Se debe fortalecer el seguimiento de la posible entrada de personal no autorizado en la zona de producción. • También se deben fortalecer las directrices para el personal que cuenta con autorización, con el fin de definir quién puede acceder a los distintos lugares, y en qué momento puede hacerlo. Las zonas de acceso prohibido deben estar claramente indicadas. • La empresa debe velar por el cumplimiento de unas medidas de protección rigurosas, en particular el almacenamiento correcto de las sustancias químicas (en contenedores sellados adecuados) y la separación de estas sustancias. • Se deben implantar varias capas de protección o control para someter a los materiales a control y protección estrictos. Se recomienda la redundancia en las medidas de seguridad.
Conozca a su cliente	<i>Descripción del incidente:</i> En un laboratorio ilegal se hallaron barriles que contenían sustancias químicas precursoras. Tras realizar una investigación, la policía efectuó un rastreo gracias al cual identificó al proveedor de la sustancia química, que la había vendido a una dirección de laboratorio. Este proveedor suele llevar a cabo verificaciones de los antecedentes de sus clientes, durante las cuales realiza verificaciones financieras y visitas personales destinadas a comprobar la legitimidad de la solicitud del producto, entre otras cosas. Se pudo saber que las sustancias químicas se habían adquirido por internet, y que el cliente había presentado una declaración falsa a la empresa proveedora de los productos químicos. Los precursores se habían adquirido para fines ilícitos. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • El sistema de verificación de clientes se debería ampliar con el fin de incorporar análisis relacionados con la utilización de la internet para la adquisición de sustancias químicas de doble uso. La capacidad de la empresa para detectar ventas sospechosas a través de la internet se debería afianzar mediante la definición de los criterios, y también mediante la obligatoriedad para la empresa de negarse a realizar una venta cuando se susciten sospechas acerca de la posibilidad de que la sustancia química se pudiera utilizar para fines ilícitos. • El proveedor de sustancias químicas debe consolidar sus procedimientos de evaluación de los riesgos y verificación de

	antecedentes de los clientes previos a que se proceda a la venta de sustancias químicas precursoras. • Los casos muy sospechosos se deben poner en conocimiento de los organismos o cuerpos encargados de hacer cumplir la ley.
Intento de robo	<i>Descripción del incidente:</i> Dos ladrones, al parecer en la idea de que una caja fuerte de un metro de altura debía contener algún objeto de valor, utilizaron un soplete de oxiacetileno para atravesar una barrera de metal y hormigón. La caja fuerte estaba llena de fuegos artificiales para uso comercial. Al penetrar el calor del soplete a través del metal y en la caja fuerte, la temperatura fue en aumento hasta que la caja fuerte explotó con violencia, proyectando al aire fragmentos letales de metralla y creando una violenta onda expansiva. La explosión fue tan violenta que hizo que la caja fuerte se elevara por el aire, abriéndose paso a través del edificio antes de caer al suelo en el exterior. Los dos ladrones perdieron la vida. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • Se debe fortalecer la seguridad física, incluso mediante la incorporación de una protección adicional del perímetro del polígono. Se debe fijar en un lugar claramente visible una información clara, correcta y específica destinada a desalentar y disuadir de cualquier intento de eludir los sistemas de seguridad con el fin de obtener acceso a productos químicos protegidos.
Compras en línea	<i>Descripción del incidente:</i> Un particular no solo pudo adquirir 3.150 semillas de ricino a través de la internet sino que también pudo obtener instrucciones detalladas para la producción de ricina (registro del CAS® #9009-86-3) a partir de las semillas de ricino. Cuando la policía efectuó una redada en su vivienda, se encontraron 84,3 mg de ricina y los ingredientes para fabricar una bomba improvisada, que consistían en 250 bolas de metal, objetos de vidrio punzantes y sustancias pirotécnicas. También hallaron en la computadora del particular correos electrónicos en los que indicaba que había recabado información sobre las propiedades de la ricina y había realizado pruebas con ricina en un hámster. La cantidad de ricina corresponde a varios centenares de dosis letales, según el método que se utilice para su dispersión. Esta persona pudo ser aprehendida debido a que los servicios de inteligencia habían estado vigilando sus compras en línea de una gran cantidad de semillas de ricino de diversas fuentes. <i>Enseñanzas extraídas:</i> • Las empresas que realizan sus actividades en línea son especialmente vulnerables a la hora de permitir la adquisición de bienes de doble uso, a causa de la anonimidad permitida por las ventas en la internet. • Es fundamental que el personal de ventas reciba una formación rigurosa en relación con la identificación de transacciones dudosas.

APÉNDICE B: DIRECTRICES ÉTICAS DE LA HAYA

B.1 Antecedentes

Las **Directrices Éticas de La Haya**, publicadas en octubre de 2015, tienen el propósito de promover un debate, en todos los planos de la enseñanza, la investigación y la práctica, acerca de la función vital de la ética en lo relativo al desarme químico y el fomento de los usos pacíficos de la química. Con miras a promover una cultura de conducta responsable en las ciencias químicas y evitar los usos indebidos de la química, un grupo de profesionales de la química de todo el mundo formuló un conjunto de directrices éticas, basadas en los requisitos plasmados en la Convención sobre las Armas Químicas⁷².

Se persigue la intención de que las **Directrices Éticas de La Haya** sirvan como base para el desarrollo de códigos éticos y puntos de debate respecto de las cuestiones éticas relacionadas con la práctica de la química con arreglo a la Convención.

La OPAQ alienta a todos los interesados a remitirse a las directrices y promoverlas durante los debates relativos a la dimensión vital de la ética en lo tocante al desarme y la no proliferación químicos, y también a la cuestión más amplia de la conducta científica responsable.

B.2 Componentes de las Directrices

Elementos fundamentales: Los logros alcanzados en la esfera de la química se deben utilizar en beneficio de la humanidad y para la protección del medio ambiente.

Sostenibilidad: A los profesionales del sector químico les corresponde una responsabilidad especial en la promoción y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas de cubrir las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades.

Enseñanza: Los proveedores de enseñanza, tanto formal como no académica, las empresas, la industria y la sociedad civil deben cooperar con el fin de dotar a todas las personas que trabajan en el sector químico, entre otras, del conocimiento y las herramientas necesarias para asumir la responsabilidad de trabajar en beneficio de la humanidad y en pro de la protección del medio ambiente, y de asegurar una interacción pertinente y real con el público en general.

Sensibilización y compromiso: Los docentes, los profesionales de la química y los elaboradores de políticas deben ser conscientes de los múltiples usos de las sustancias químicas, y en particular de la posibilidad de su empleo como armas químicas o precursores. Deben promover las aplicaciones pacíficas de las sustancias químicas y esforzarse por evitar cualquier uso indebido tanto de las sustancias químicas como de los conocimientos

⁷² Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ), *Directrices Éticas de La Haya*, <https://www.opcw.org/hague-ethical-guidelines>

científicos, las herramientas y tecnologías conexas, o de cualquier novedad dañina o poco ética que sobrevenga en las esferas de la investigación o la innovación. Deben divulgar información pertinente relativa a la legislación, las normativas, las políticas o las prácticas nacionales.

Ética: Para responder adecuadamente ante los retos sociales, la enseñanza, la investigación y la innovación han de respetar los derechos fundamentales y aplicar las normas éticas más elevadas. La ética se debería percibir como una vía hacia el logro de unos resultados de elevada calidad en la ciencia.

Protección y seguridad: Los profesionales de la química deben fomentar las aplicaciones y los usos provechosos de la ciencia y la tecnología, así como el desarrollo de estas disciplinas, y al mismo tiempo alentar y mantener una cultura sólida de protección, salud y seguridad.

Responsabilidad: Los profesionales de la química tienen la responsabilidad de velar por que tanto las sustancias químicas como los equipos e instalaciones conexas estén protegidos contra el robo y la desviación para otros usos y por que no se utilicen para fines ilícitos, dañinos o destructivos. Los expertos en química deben ser conscientes de la legislación y las normativas de aplicación respecto de la fabricación y el empleo de sustancias químicas, y han de informar a las autoridades competentes acerca de cualquier uso indebido de las sustancias químicas, el conocimiento científico o los equipos o instalaciones conexas.

Supervisión: Los profesionales de la química que supervisan a otras personas tienen la responsabilidad adicional de velar por que las sustancias químicas y los equipos o instalaciones conexas no se utilicen por otros empleados para fines ilícitos, dañinos o destructivos.

Intercambio de información: Los profesionales de la química deben promover el intercambio de información científica o técnica relativa al desarrollo o la aplicación de la química para fines pacíficos.

APÉNDICE C: LISTA DE EXPERTOS MULTIDISCIPLINARIOS⁷³

Nombre	Cargo, organización y país
Adrian, Sven	Auxiliar de proyecto, <i>Curso Wuppertal sobre prevención de las pérdidas y promoción de la protección física en las industrias de procesos químicos</i> (Alemania)
Aytbay, Aiday	Ecólogo Jefe, Producción de cianuro de sodio, <i>Talas Investment Company</i> (Kazajstán)
Akmaral, Kenzhebayeva	Jefe de Gestión de Calidad, <i>Kazphosphate</i> (Kazajstán)
Aluoch, Austin Ochieng	Catedrático, <i>Universidad Técnica de Kenya</i> (Kenya)
Araya Barrantes, Juan José	Profesor Universitario, <i>Universidad de Costa Rica</i> (Costa Rica) Miembro del Comité de Redacción
Arman, Karagaliyev	Especialista en Medio Ambiente, <i>Kazphosphate</i> (Kazajstán)
Ashok, MID	Inspector Químico, <i>Autoridad Nacional</i> (Sri Lanka)
Cooreman, Werner	Oficial Jefe de Seguridad, <i>Solvay Group</i> (Bélgica)
Dennehy, Mariana	Profesora Universitaria, <i>Universidad Nacional del Sur</i> (Argentina)
Djibo Saley, Boubacar	Jefe de Sección de Medio Ambiente, <i>CNPC Niger Petroleum S.A.</i> (Níger)
Fontejon Enarle, Gretchen	Presidente, <i>Chemical Industries Association of the Philippines (SPIK)</i> , <i>Sustainability Leader, Atlantic Coatings, Inc.</i> (Filipinas) Miembro del Comité de Redacción
Han Gi-Kim, Stephan	Vicepresidente, <i>Global Talent Management Institute</i> (República de Corea)
Gregoris, João Carlos	Jefe de Tecnología de Seguridad Física de los Procesos, <i>Dow Chemical Company</i> (Brasil)
Gulnar, Ilmaliyeva	Jefe de Departamento de Industria Química y Farmacéutica, <i>Ministerio de Desarrollo de la Industria Química y la Infraestructura de la República de Kazajstán</i> (Kazajstán)
Hesselnberg, Lisa	Auxiliar de Proyecto, <i>Curso Wuppertal sobre prevención de las pérdidas y promoción de la protección física en las industrias de procesos químicos</i> (Alemania)
Kearns, Peter	Administrador Principal (Jubilado), <i>Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos</i> (OCDE) Miembro del Comité de Redacción
Kidwai, Syed Iqbal A.	Secretario General y Director, <i>Pakistan Chemical Manufacturers Association</i> (Pakistán)
Leech, Douglas	Director Técnico, <i>Chemical Business Association</i> (CBA) (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte)
Leksin, Alexey	Director de Proyecto, <i>Curso Wuppertal sobre prevención de las pérdidas y promoción de la protección física en las industrias de procesos químicos</i> (Alemania)
Männig, Detlef	Presidente del Grupo de Coordinación de la Industria Química OPAQ/ ICCA (<i>International Council of Chemical Associations</i> , Consejo Internacional de Asociaciones de la Industria Química), Director Grente, <i>Männig Consulting</i> (Alemania)

Nombre	Cargo, organización y país
	Miembro del Comité de Redacción
Nahar, Luftun	Oficial de la Armada de Bangladesh (Químico), antiguo <i>Oficial de la Autoridad Nacional para la Aplicación de la Convención sobre las Armas Químicas</i> (Bangladesh)
Nelson, Andrew Wyatt	Miembro Superior del Personal Técnico, <i>Sandia National Laboratories</i> (Estados Unidos de América) Coordinador del Comité de Redacción
Pomares, Miguel Juan Albaladejo	Químico e Ingeniero Químico, <i>Jefe del Servicio de Extinción de Incendios, Brigada de Sustancias Peligrosas, Leganés</i> (España)
Quiblier, Pierre	Oficial de Programas, <i>Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente</i> (PNUMA) Miembro del Comité de Redacción
Ranghieri, Massimo Claudio	Consultor, <i>Consejo Nacional de Investigación</i> (Italia) Miembro del Comité de Redacción
Reniers, Genserik	Profesor Universitario, <i>Universidad Tecnológica de Delft</i> (Bélgica)
Sany, Mohamed Noor	Presidente del Comité para la Seguridad Vial, <i>Consejo de la Industria Química</i> (Malasia)
Sehailia, Moussa	Científico Investigador Principal/Jefe de Grupo, <i>Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques (CRAPC)</i> (Argelia)
Tang, Cheng	Presidente, <i>Consejo Consultivo Científico de la OPAQ</i> (China) Facilitador de los talleres y Miembro del Comité de Redacción
Yerlan, Kudashev	Jefe de Producción de Amoniaco, <i>KazAzot</i> (Kazajstán)
Yernar, Kuanyshbayev	Experto del Departamento de Industria Química y Farmacéutica, <i>Ministerio de Desarrollo de la Infraestructura y la Industria Química de la República de Kazajstán</i> (Kazajstán)
Zuber, Muhammad Setyabudhi	Secretario General y Director Ejecutivo Principal, <i>Responsible Care® Indonesia (RCI)</i> , y Vicepresidente para Asuntos Internacionales de la <i>Federación de la Industria Química de Indonesia (FIKI)</i> (Indonesia) Miembro del Comité de Redacción

--- 0 ---



OPAQ