

DIRECTRICES TÉCNICAS  
INTERNACIONALES SOBRE  
MUNICIONES

**IATG**  
**02.10**

Segunda edición  
2015-02-01

**Introducción a los principios y procesos  
de la gestión de riesgos**

### **Advertencia**

Las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones (IATG) están sujetas a evaluación y revisión periódicas. Este documento se encuentra actualizado y vigente desde la fecha indicada en la portada. Para verificar su estado, los usuarios deberán consultar el sitio web del programa SaferGuard del proyecto IATG de las Naciones Unidas a través de la Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UNODA) en:

[www.un.org/disarmament/un-safeguard](http://www.un.org/disarmament/un-safeguard).

### **Aviso sobre derechos de autor**

Este documento constituye las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones y está protegido por los derechos de autor de las Naciones Unidas. Queda prohibida la reproducción, almacenamiento o distribución de este documento o de cualquier extracto del mismo en cualquier forma, por cualquier medio o para cualquier otro propósito sin el consentimiento previo por escrito de la UNODA, que actúa a nombre y en representación de la ONU.

Este documento no está autorizado para su venta.

Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UNODA)  
Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, NY 10017, USA

Correo electrónico: [conventionalarms-unoda@un.org](mailto:conventionalarms-unoda@un.org)

Teléfono: +1 917 367 2904

Fax: +1 917 367 1757

## Índice

Índice .....	ii
Prólogo.....	iv
Introducción.....	v
Introducción a los principios y procesos de la gestión de riesgos.....	1
1 Alcance .....	1
2 Referencias normativas .....	1
3 Términos y definiciones .....	1
4 Introducción .....	2
5 El concepto de seguridad .....	4
6 El proceso genérico de la gestión de riesgos.....	4
6.1 Componentes de la gestión de riesgos.....	5
6.2 Tipos de riesgo .....	5
6.3 Determinación del riesgo tolerable.....	6
6.4 Alcance del riesgo tolerable.....	9
7 Evaluación de riesgos (almacenamiento de municiones) .....	10
7.1 Valoración cualitativa de riesgos.....	10
7.2 Valoración cuantitativa de riesgos .....	10
8 Análisis de riesgos.....	11
8.1 Identificación y análisis de riesgos.....	11
8.2 Estimación de riesgos.....	11
8.2.1. Estimación de la probabilidad de un evento explosivo indeseado (NIVEL 1).....	11
8.2.1.1. Ejemplo de modelo de estimación de probabilidad (histórico) (NIVEL 1).....	12
8.2.1.2. Ejemplo de modelo de estimación de probabilidad (cualitativo) (NIVEL 1).....	12
8.2.2. Estimación de los efectos físicos de un evento explosivo no planificado o indeseado (NIVEL 2).....	13
8.2.3. Estimación del riesgo individual (NIVEL 2).....	13
8.2.4. Índice cualitativo de riesgo.....	14
9 Evaluación de Riesgos y ALARP .....	14
10 Reducción de riesgos .....	15
11 Aceptación de riesgos (NIVEL 1) .....	15
12 Comunicación de riesgos (NIVEL 1) .....	16
13 Técnicas de estimación de riesgos .....	16
13.1 Pruebas (NIVEL 3).....	17
13.2 Distancia de cantidad y de separación (NIVEL 2).....	17
13.3 Análisis de consecuencias de una explosión (NIVEL 2).....	17
13.4 Expedientes de seguridad (NIVEL 2).....	18
14 Incertidumbre en la estimación de riesgos.....	19
15 Análisis de la relación costo-beneficio (NIVEL 2).....	19
15.1 Valores monetarios previstos (NIVEL 2).....	19
Anexo A (Normativas) Referencias .....	22

Anexo B (Informativas) Referencias .....	23
Anexo C (Informativas) Efectos generales de las explosiones .....	24
Anexo D (Informativas) Ejemplo de metodología de la valoración cualitativa de riesgos (NIVEL 1 y 2) .....	26
Anexo E (Informativas) Metodología del Análisis de Consecuencias de una Explosión (NIVEL 2).....	35
Anexo F (Informativas) Software de gestión de riesgos o de las IATG.....	37
Anexo G (Informativas) Formato para expediente de seguridad frente a explosiones (ESC) (NIVEL 2) .....	38
Anexo H (Informativas) Estimación del valor monetario previsto (NIVEL 2) .....	40
Registro de Modificaciones .....	43

## Prólogo

Las existencias de municiones obsoletas, inestables y excedentes presentan un doble riesgo: por un lado, la proliferación ilegal y, por otro, las explosiones accidentales. Estos riesgos han provocado desestabilización y desastres humanitarios en todas las regiones del mundo.

Para una adecuada gestión de existencias es crucial proceder a la identificación de excedentes – es decir, la porción de armas y municiones que no constituye una necesidad operativa. Cuando no se identifican los excedentes, se considera que todo el contenido de la existencia conserva su valor operativo. A pesar de que ya no se utilizan, los excedentes de armas y municiones continúan llenando los almacenes y pueden, por lo tanto, presentar un serio riesgo para la protección y seguridad.

En muchos países, la gestión deficiente de existencias es más bien la regla que la excepción. En muchas instancias, no se presta la debida atención ni a las existencias con excedentes ni a la ausencia de una política adecuada para la gestión de existencias. Los gobiernos no están conscientes de los excedentes. Además, sus existencias nacionales representan un riesgo para la seguridad pública y el desvío desde los almacenes contribuye a incrementar el crimen y la violencia armada.

En el año 2011, las Naciones Unidas elaboró las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones (IATG, por sus siglas en inglés) para garantizar que las Naciones Unidas en conjunto brinda en forma consistente asesoría de alta calidad y apoyo en la gestión de municiones. Estas directrices son utilizadas por numerosos actores, incluyendo organismos internacionales, entidades no gubernamentales y autoridades nacionales.

El programa SaferGuard de las Naciones Unidas se encarga de administrar las IATG, así como los demás temas sobre municiones convencionales.

Teniendo en cuenta la diversidad de capacidades de los Estados, las IATG contemplan tres niveles de exhaustividad en orden ascendente, referidos como «niveles del proceso de reducción de riesgos» (RRPL, por sus siglas en inglés). Estos niveles están indicados en cada IATG como NIVEL 1 (básico), NIVEL 2 (intermedio) o NIVEL 3 (avanzado).

El objetivo de las contrapartes ejecutoras debería ser mantener los procesos de gestión de existencias por lo menos en el nivel RRPL 1. En general, esto contribuirá a reducir el riesgo de manera significativa. Luego, se pueden incorporar mejoras permanente y gradualmente a la infraestructura y los procesos de gestión de existencias a medida que el personal mejore sus capacidades y se cuente con mayores recursos. Estas acciones serían equivalentes a los niveles RRPL 2 y RRPL 3.

Los RRPL se determinan calculando la puntuación ponderada de un cuestionario sobre una existencia de municiones específico. Se puede contar con una lista de control en: <https://www.un.org/disarmament/un-safeguard/risk-reduction-process-levels/>.

Las IATG son revisadas regularmente para reflejar las normas y prácticas que se vienen desarrollando sobre gestión de existencias de municiones, así como para incorporar los cambios resultantes de modificaciones en los reglamentos y requisitos internacionales. Las IATG también están disponibles en diversos idiomas.

Para consultar la última versión de cada directriz, junto con herramientas prácticas en apoyo a la implementación de las IATG, ingrese al siguiente enlace <https://www.un.org/disarmament/un-safeguard/>.

## Introducción

Un elemento fundamental de la planificación y las operaciones de la gestión de existencias de municiones convencionales debería ser la implementación de un sistema de gestión de riesgos sólido, efectivo e integrado, de preferencia en conformidad con la guía ISO. Este sistema debería examinar los procesos y procedimientos organizacionales, de gestión, administrativos y operativos.

Los requerimientos de la Guía ISO 51 se han incorporado en los módulos de las IATG, que, de por sí, forman parte de un proceso de gestión de riesgos. El cumplimiento de las normas significará que una organización de gestión de existencias de municiones convencionales ya está implementando muchos componentes de un sistema integrado de gestión de riesgos. En estas IATG, se explica el proceso general de la gestión de riesgos que propone la Guía ISO 51, con énfasis en su aplicación al almacenamiento de municiones convencionales.

Se tiene conocimiento adecuado de los fenómenos físicos de voladura (onda expansiva), fragmentación y radiación térmica que resultan de explosiones, así como de los mecanismos que causan muertes, lesiones y daños como consecuencia de dichos efectos. Como resultado de este conocimiento, se ha desarrollado una variedad de técnicas y modelos mediante los cuales se pueden estimar dichos efectos; estas técnicas y modelos forman un elemento clave del proceso general de la gestión de riesgos. El término «estimado» es importante justamente porque el rango de variables involucradas significa que es poco probable que pueda predecirse con precisión los efectos exactos de los daños; así se incorporan márgenes de seguridad apropiados a las medidas preventivas.

Diversos estados y organizaciones han desarrollado técnicas y modelos para predecir efectos y consecuencias de una explosión, con la finalidad de respaldar las valoraciones de riesgos. Algunas de esas técnicas y modelos son cualitativas, mientras que otros son cuantitativos; asimismo, variarán en sofisticación en función del propósito para el que han sido diseñados. Algunos proporcionan una indicación aproximada de bajas y daños, mientras que otros proporcionarán estimaciones más precisas de los efectos de una explosión. Con mucha frecuencia, las valoraciones de riesgos incluirán una combinación de los métodos y las herramientas de evaluación de riesgos, tanto cualitativos como cuantitativos, en función de la información disponible y las técnicas y modelos que se utilizan. Independientemente de las técnicas y modelos que se utilizan para valorar el riesgo y/o las consecuencias, es importante que quienes utilicen dichas herramientas para respaldar las valoraciones de riesgos comprendan cuál es la utilidad de esas herramientas, cómo funcionan, y además conozcan íntegramente las condiciones y limitaciones asociadas con las mismas.

Los modelos y las técnicas de predicción de los efectos de una explosión que son relativamente fáciles de implementar se encuentran integradas en el software de las IATG, el cual está diseñado para respaldar la gestión de riesgos de las existencias de municiones convencionales.

Estas IATG comprenden una variedad de técnicas para estimar el riesgo, con énfasis en su aplicación a la gestión de existencias de municiones convencionales. Los enfoques basados en los riesgos adoptan muchas formas y pueden emplearse como herramientas para contribuir en diversos procesos de toma de decisiones. Continuamente se están desarrollando nuevas aplicaciones, y estas IATG también proporcionan referencias de opciones adicionales a las contenidas en las directrices.

Los Estados debieran considerar la gestión de riesgos como una medida preventiva fundamental para respaldar una gestión segura de las existencias de municiones convencionales. Se pueden tomar decisiones sobre la base de un conocimiento más completo si es posible tener en cuenta la probabilidad de un accidente con explosivos, así como las consecuencias de dicho accidente. Por consiguiente, debieran aplicarse las técnicas contempladas o mencionadas en estas IATG (o su equivalente).

# Introducción a los principios y procesos de la gestión de riesgos

## 1 Alcance

Esta IATG instituye el concepto de gestión de riesgos y explica las actividades necesarias para garantizar una gestión de riesgos adecuada dentro de un sistema de gestión de municiones convencionales. Se centra principalmente en los riesgos que representa el almacenamiento de municiones para la comunidad civil, pero también proporciona orientación sobre las técnicas de estimación de riesgos que pueden aplicarse para otras áreas funcionales de la gestión de existencias de municiones convencionales.

Los enfoques basados en los riesgos adoptan muchas formas, varían en cuanto al grado de complejidad y evolucionan de manera constante. Estas IATG establecen los principios de la gestión de riesgos y proporcionan pautas para aplicar técnicas de evaluación de riesgos relativamente sencillas en las circunstancias más diversas. En las referencias informativas se pueden encontrar sistemas más complejos.

## 2 Referencias normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias con fecha únicamente se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluida cualquier versión modificada).

El Anexo A contiene una lista de referencias normativas. Las referencias normativas son documentos importantes a los que se hace referencia en esta directriz y que forman parte de las disposiciones de esta directriz.

Asimismo, el Anexo B contiene una lista adicional de referencias informativas en forma de bibliografía, que incluye documentos adicionales con información útil complementaria sobre los principios de gestión de riesgos al aplicarse a las municiones convencionales.

## 3 Términos y definiciones

Para efectos de la presente directriz, se emplearán los siguientes términos y definiciones, así como la lista más exhaustiva que figura en el documento IATG 01.40:2015[E] *Términos, definiciones y abreviaturas*.<sup>1</sup>

El término «evento explosivo» se refiere a la *iniciación inesperada e indeseada de una sustancia o artículo explosivo dentro de un depósito de municiones que conduce a consecuencias significativas o catastróficas*.

El término «daño» se refiere a una *lesión física o daño a la salud de las personas, o daño a la propiedad o al medio ambiente*.

El término «peligro» se refiere a una *posible fuente de daño*.

El término «riesgo» se refiere a la *combinación de la probabilidad de ocurrencia de un daño y la gravedad de ese daño*.

El término «análisis de riesgos» se refiere al *uso sistemático de la información disponible para identificar los peligros y estimar el riesgo*.

---

<sup>1</sup> Todos los términos y definiciones relacionados con el riesgo provienen de la Guía ISO 51 (una referencia normativa en el Anexo A).

El término «valoración de riesgos» se refiere al *proceso general que comprende un análisis de riesgos y una evaluación de riesgos.*

El término «evaluación de riesgos» se refiere al *proceso que se basa en el análisis de riesgos para determinar si se ha alcanzado el riesgo tolerable.*

El término «gestión de riesgos» se refiere al *proceso completo de adopción de decisiones basada en los riesgos.*

El término «reducción de riesgos» se refiere a *las medidas adoptadas para disminuir la probabilidad, las consecuencias negativas, o ambas, asociadas con un riesgo específico.*

El término «seguridad» se refiere a *la reducción de riesgo a un nivel tolerable.*

El término «riesgo tolerable» se refiere al *riesgo que se acepta en un contexto determinado con base en los valores actuales de la sociedad.*

En todos los módulos de las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones, las palabras «deberá», «debería», «puede» (en el sentido de permiso) y «puede» (en el sentido de capacidad) se utilizan para expresar las disposiciones de conformidad con su uso en las normas ISO.

- a) **«deberá» indica un requisito:** se utiliza para indicar los requisitos que es preciso seguir rigurosamente para ajustarse al documento y de los cuales no se permite ninguna desviación.
- b) **«debería» indica una recomendación:** se utiliza para indicar que, entre varias posibilidades, una es la que más se ajusta, sin mencionar ni excluir a otras; que es preferible llevar a cabo una acción determinada, pero no indispensable; o que (en su forma negativa «no debería») una posibilidad determinada o curso de acción está desaconsejado, pero no prohibido.
- c) **«puede» indica permiso:** se utiliza para indicar un curso de acción permitido dentro de los límites del documento.
- d) **«puede» indica posibilidad y capacidad:** se utiliza para expresar declaraciones de posibilidad y capacidad, ya sean materiales, físicas o casuales.

## 4 Introducción

El riesgo se define como *Riesgo = Probabilidad x Consecuencia*. Una vez que se elige una medida de riesgo, los términos *Probabilidad* y *Consecuencia* pueden ampliarse aplicando el protocolo matemático aceptado. Una medida de riesgo (véase Punto 6.2) puede ser la probabilidad de que una persona fallezca durante un año de exposición (Riesgo de Mortalidad Individual Anual ( $IR_{\text{Fatalidad}}$ )).

La probabilidad puede ampliarse a la posibilidad de un evento peligroso por año ( $P_{\text{Evento}}$ ).

La consecuencia puede definirse como la probabilidad de que la persona continuamente expuesta fallezca en el caso de que ocurra un evento ( $P_{\text{Fatalidad}|\text{Evento}}$ ). De ello, se desprende lo siguiente:

$$\text{Riesgo de Mortalidad Individual Anual } (IR_{\text{Fatalidad}}) \Rightarrow (P_{\text{Evento}}) \times (P_{\text{Fatalidad}|\text{Evento}})$$

Sin embargo, una persona solo sufrirá un daño si se encuentra presente durante la ocurrencia de un proceso peligroso. Por lo tanto, el riesgo (por año) se reduce en proporción a la fracción del año en que dicha persona está realmente expuesta a una situación/proceso peligroso (una relación adimensional). Si la probabilidad de que la persona esté presente o expuesta se denota por ( $E_P$ ), entonces:

$$\text{Riesgo de Mortalidad Individual Anual } (IR_{\text{Fatalidad}}) = (P_{\text{Evento}}) \times (P_{\text{Fatalidad}|\text{Evento}}) \times (E_P)$$



A partir de esta ecuación, pueden desarrollarse otras ecuaciones similares con la finalidad de cumplir con diferentes requisitos e incrementar el nivel de detalle con base en la ciencia y la ingeniería de explosivos bien fundamentadas.

La toma de decisiones basadas en los riesgos debería ser una filosofía fundamental incorporada en los procesos de gestión de existencias de municiones convencionales. Frecuentemente, las decisiones basadas en riesgos se toman de manera rutinaria e instintiva cuando deberían tomarse en función del nivel de conocimiento que se tiene de los parámetros mencionados en la Tabla 1.

Parámetro	Tipos de riesgo genérico	Ejemplo de conocimientos requeridos
Frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riesgo individual (<math>I_{(R)}</math>)</li> <li>▪ Riesgos colectivos</li> <li>▪ Riesgos percibidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ¿Con qué frecuencia ocurren eventos explosivos indeseados dentro de los depósitos de municiones en el país A?</li> </ul>
Efectos físicos		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ¿Cuánto explosivo se almacena dentro de un depósito?</li> <li>▪ ¿Cuáles serán los niveles de impulso y sobrepresión por explosión frente al rango si ocurre una detonación?</li> </ul>
Consecuencias		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ¿A qué distancia se prevé que ocurran muertes y lesiones?</li> <li>▪ ¿A qué distancia se prevé que ocurran daños estructurales?</li> </ul>
Exposición		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ¿Cuántos edificios de uso civil existen dentro del área de peligro, y qué niveles de daño debería prever cada uno?</li> <li>▪ ¿Cuántos civiles se encuentran en el área de peligro de voladura y fragmentación en un momento determinado?</li> </ul>

**Tabla 1: Parámetros para la toma de decisiones basadas en los riesgos**

El objetivo de las organizaciones que almacenan municiones convencionales debería ser la gestión segura, efectiva y eficiente de las existencias de municiones convencionales, explosivos, propulsores y pirotécnicos.<sup>2</sup> Existen peligros potenciales en el proceso:

- a) las condiciones de almacenamiento inadecuadas para municiones convencionales podrían desencadenar eventos explosivos indeseados durante el almacenamiento;<sup>3</sup>
- b) una inspección física y un análisis químico ineficaz de las municiones realizadas como parte de un sistema de vigilancia técnica podrían desencadenar eventos explosivos indeseados durante el almacenamiento, debido al deterioro de las municiones; y
- c) una manipulación y un procesamiento inadecuado de las municiones convencionales potencialmente podría causar la muerte o lesiones a los trabajadores u observadores.

Además de estos peligros, existe una variedad de causas que podrían provocar un evento explosivo indeseado:

- a) incendio accidental en un vehículo, polvorín o almacén de explosivos;
- b) error humano debido a un accidente, fatiga o manipulación inapropiada;
- c) ambiental (por ejemplo, un relámpago);

<sup>2</sup> Se denomina munición convencional en el resto de estas IATG.

<sup>3</sup> El Anexo C resume los efectos generales de las explosiones.

- d) incursión iniciada (por ejemplo, sabotaje); o
- e) acción del enemigo (en períodos de conflicto) (por ejemplo, un dispositivo explosivo improvisado, el fuego directo o indirecto).

Un objetivo principal del proceso de gestión de riesgos durante la gestión de existencias de municiones convencionales deberá ser la promoción de una cultura en la que la organización de gestión de existencias busque alcanzar el objetivo de seguridad a través de las siguientes acciones:

- a) desarrollar y aplicar procedimientos apropiados de gestión y operación;
- b) gestionar y evaluar la condición de la existencia de municiones convencionales y adoptar las medidas apropiadas cuando se identifique una condición peligrosa con dicha existencia;
- c) establecer y mejorar continuamente las capacidades de los administradores y trabajadores;
- d) garantizar que las municiones convencionales se almacenen y procesen dentro de una infraestructura física apropiada; y
- e) adquirir equipos seguros, efectivos y eficientes.

## **5 El concepto de seguridad**

La seguridad se logra reduciendo el riesgo a un nivel tolerable, que se define en esta IATG como riesgo tolerable. No puede existir seguridad absoluta; quedará algo de riesgo y este es el riesgo residual. [Guía ISO 51: 1999(E)].

Por lo tanto, en el contexto de la gestión de existencias de municiones convencionales, los procesos de almacenamiento, manipulación, destrucción, entre otros, no serán totalmente seguros; solo pueden ser relativamente seguros. Este es un hecho real inevitable, lo que no significa que no se estén haciendo todos los esfuerzos para garantizar la seguridad. Simplemente significa que no se puede demostrar, con un 100 % de confianza, que se está logrando una seguridad absoluta. Los sistemas de gestión de riesgos recomendados en las IATG, y utilizados en el software de las IATG, tienen como propósito acercarse a ese nivel de confianza ideal de 100 % de la forma más realista posible. Al mismo tiempo permiten a las organizaciones de gestión de existencias determinar cuál es el riesgo tolerable que están dispuestas a aceptar en sus entornos individuales.

## **6 El proceso genérico de la gestión de riesgos<sup>4</sup>**

La gestión de riesgos es un área compleja para la cual existe un gran corpus de trabajo que permite proporcionar orientación. No sería viable abarcar todas las diversas opciones y técnicas en estas IATG, motivo por el cual se han incluido únicamente aquellos procesos de gestión de riesgos con una aplicación comprobada en la gestión de existencias de municiones convencionales.

Los riesgos pueden clasificarse en una o más de las siguientes tres categorías:

- a) riesgos para los cuales puede existir alguna evidencia, pero donde no se puede rastrear la conexión entre la causa y la lesión a una persona;
- b) riesgos para los cuales podría estar disponible la estadística de bajas identificadas; y
- c) riesgos para los cuales los especialistas realizan las mejores estimaciones de probabilidad de eventos que aún no han ocurrido.

---

<sup>4</sup> A partir de la Guía ISO 51.

Los riesgos inherentes a la gestión de existencias de municiones convencionales se clasificarán en las categorías (b) y/o (c) antes señaladas. Está disponible la evidencia estadística de eventos explosivos previos dentro de las áreas de almacenamiento para municiones,<sup>5</sup> y existen técnicas establecidas para estimar el riesgo sobre la base de modelos empíricos o ecuaciones científicas.<sup>6</sup>

## 6.1 Componentes de la gestión de riesgos.

A veces, el concepto de gestión de riesgos no es bien comprendido y existen concepciones equivocadas sobre, por ejemplo, la relación entre evaluación de riesgos y el análisis de riesgos. En el marco de las IATG, la gestión de riesgos es el proceso completo de la adopción de decisiones basada en riesgos. La matriz de la Tabla 2 identifica la relación entre los diferentes componentes de la gestión de riesgos que se deberán utilizar en el conjunto de normas establecidas en las IATG:



Tabla 2: Matriz de la gestión de riesgos

En los Puntos 7 a 12, se proporcionan explicaciones adicionales sobre cada componente de la gestión de riesgos, conjuntamente con las técnicas recomendadas que deberían aplicarse durante el proceso de gestión de riesgos para la gestión de existencias de municiones convencionales. Estas técnicas también se incluyen en el software de las IATG, que automatiza muchos de los procesos más técnicos de la gestión de riesgos para la gestión de existencias de municiones convencionales.

## 6.2 Tipos de riesgo

Existen dos tipos de riesgo generales que podrían considerarse durante el proceso de la gestión de riesgos en instalaciones donde se almacenan explosivos:

- riesgo individual ( $I_R$ ). Es la posibilidad de muerte o lesión grave a una persona en particular en un lugar específico como resultado de una iniciación accidental de explosivos; y
- riesgo social ( $S_R$ ). Expresa la probabilidad de muertes o lesiones graves a un mayor número de personas como resultado de un accidente con explosivos.

<sup>5</sup> Véase *The Threat from Explosive Events in Ammunition Storage Areas (La Amenaza a Partir de Eventos Explosivos en Áreas de Almacenamiento para Municiones)*. Explosive Capabilities Limited. Reino Unido. 26 de setiembre de 2009.

<sup>6</sup> Véase la IATG 01.80 *Fórmulas para la gestión de municiones*.

<sup>7</sup> Tan bajo como sea razonablemente factible.

Dado que los criterios para el  $I_R$  o el  $S_R$  derivan de diferentes fuentes, los niveles de riesgo que se han estimado durante el proceso de la gestión de riesgos deberán registrarse de manera clara a fin de poder indicar si la estimación es para el  $I_R$  o el  $S_R$ . Los límites respectivos de tolerabilidad para el  $I_R$  y el  $S_R$  suelen ser independientes entre sí. En la práctica, el  $I_R$  normalmente se usa durante el proceso de evaluación de riesgos, ya que estimar el  $S_R$  es a menudo más difícil. Ello se debe a que los resultados del riesgo social comúnmente implican una gama mucho más amplia de resultados potenciales.

Es posible que pueda alcanzarse el riesgo tolerable aplicando un conjunto de criterios, pero que no se alcance usando otros criterios. En este caso, debería adoptarse medidas correctivas para garantizar que se cumplan ambos conjuntos de criterios. Si esto no es posible o factible, la autoridad técnica nacional deberá emplear el mejor criterio y también buscar la aprobación política formal para el uso continuo de la instalación de explosivos.

### 6.3 Determinación del riesgo tolerable

El riesgo tolerable se determina en función a la búsqueda de una seguridad absoluta contrastada con factores tales como:

- a) los peligros inherentes para la seguridad de explosivos durante el almacenamiento, la manipulación y el procesamiento de municiones;
- b) los recursos disponibles;
- c) los acuerdos sociales que existen en el lugar donde se almacena la munición; y
- d) los costos financieros.

Por ello, es necesario revisar continuamente el riesgo tolerable que sustenta la razonabilidad detrás de las operaciones de gestión de existencias en un entorno particular.

La autoridad nacional pertinente deberá determinar el nivel de riesgo tolerable, pero este no deberá ser menor que el riesgo tolerable aceptado, por ejemplo, en procesos industriales o de fabricación. Los niveles de riesgo tolerable (con base en los criterios de riesgo individual) que se muestran en la Tabla 3 pueden considerarse razonables y factibles:

Grupo 'en riesgo'	Nivel de riesgo tolerable ( $I_R$ )	Observaciones
Trabajadores en instalaciones de explosivos <sup>8</sup> (Límite máximo tolerable) (Límite máximo tolerable)	$1 \times 10^{-3}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los trabajadores podrían estar expuestos a este nivel de riesgo ocasionalmente.</li> <li>▪ Debería emitirse una licencia límite de explosivos no estándar en este nivel de riesgo.<sup>9</sup></li> <li>▪ Si el <math>I_R</math> es mayor que <math>1 \times 10^{-3}</math>, entonces se presentará un caso especial para la obtención de licencia ante la autoridad técnica nacional y se buscará formalmente la aceptación política del riesgo por escrito.</li> </ul>
Trabajadores en instalaciones de explosivos (Nivel de advertencia)	$1 \times 10^{-4}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Este debería ser el nivel máximo de riesgo al que los trabajadores están expuestos regularmente.</li> <li>▪ Debería emitirse una licencia límite de explosivos no estándar en este nivel de riesgo.<sup>10</sup></li> </ul>

<sup>8</sup> Incluye todo el personal que trabaja dentro de las instalaciones de explosivos. Podría subdividirse en Personal que Trabaja con Explosivos, es decir quienes trabajan directamente con municiones y explosivos, y Personal de Apoyo Expuesto a Explosivos, es decir quienes brindan el apoyo administrativo.

<sup>9</sup> Véase la IATG 02.30 *Licencia de las instalaciones de explosivos*.

<sup>10</sup> *Ibid.*

Grupo 'en riesgo'	Nivel de riesgo tolerable ( $I_R$ )	Observaciones
Trabajadores en instalaciones de explosivos (Límite aceptable)	$1 \times 10^{-6}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Este debería ser el nivel ideal de riesgo para una exposición diaria.</li> <li>▪ Debería emitirse una licencia límite de explosivos estándar en este nivel de riesgo.<sup>11</sup></li> </ul>
Público en general (Límite máximo tolerable)	$1 \times 10^{-4}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El público en general podría estar expuesto a este nivel de riesgo de forma ocasional y en circunstancias excepcionales.</li> <li>▪ Debería emitirse una licencia límite de explosivos no estándar en este nivel de riesgo.<sup>12</sup></li> <li>▪ Si el <math>I_R</math> es mayor que <math>1 \times 10^{-3}</math>, entonces se presentará un caso especial para la obtención de licencia ante la autoridad técnica nacional y se buscará formalmente la aceptación política del riesgo por escrito.</li> </ul>
Público en general (Nivel de advertencia)	$1 \times 10^{-5}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Este debería ser el nivel máximo de riesgo al que el público en general está expuestos regularmente.</li> <li>▪ Debería emitirse una licencia límite de explosivos no estándar en este nivel de riesgo.<sup>13</sup></li> </ul>
Público en general (Límite aceptable)	$1 \times 10^{-6}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Este debería ser el nivel ideal de riesgo para una exposición diaria.</li> <li>▪ Debería emitirse una licencia límite de explosivos estándar en este nivel de riesgo.<sup>14</sup></li> </ul>

**Tabla 3: Niveles de riesgo tolerable sugeridos**

Un nivel tolerable de riesgo social ( $R_S$ ) sugerido debería ser que la probabilidad máxima de que ocurra un accidente en un año dado y que cause la muerte de 50 personas o más no sea inferior a 1 en 5000 años ( $1 \times 2^{-4}$ ).<sup>15</sup>

Debería establecerse un protocolo que registre formalmente la forma en que se determinó el riesgo tolerable y la autoridad que lo aceptó. La Tabla 4 resume los requisitos de un 'Protocolo de Riesgo Tolerable'.

Área/actividad genérica	Área/actividad específica	Observaciones
Gestión de riesgos	Identificar y designar a personas específicas responsables de la política de gestión de riesgos en instalaciones de explosivos.	▪
Análisis de riesgos	Identificar las 'Instalaciones de explosivos'.	▪

<sup>11</sup> *Ibid.*

<sup>12</sup> *Ibid.*

<sup>13</sup> *Ibid.*

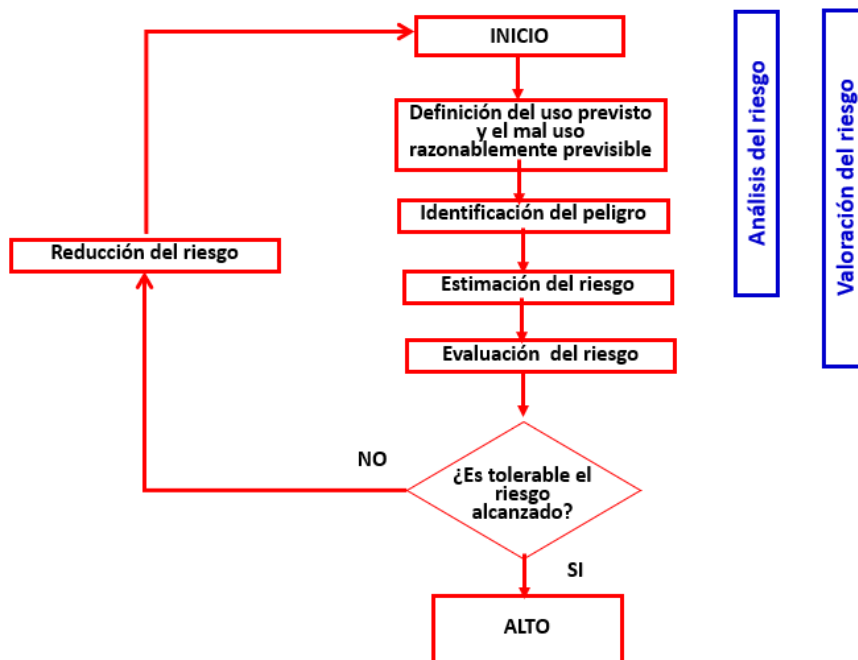
<sup>14</sup> *Ibid.*

<sup>15</sup> Las unidades de  $S_R$  corresponden al número de accidentes por año. Por lo tanto, este nivel de riesgo tolerable sugerido es equivalente a 1 accidente que ocurre en la instalación cada 5000 años y que mata a 50 personas o más.

Área/actividad genérica	Área/actividad específica	Observaciones
Análisis de riesgos	Identificar los grupos 'en riesgo'.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajadores en el área de explosivos (no calificados)</li> <li>Trabajadores en el área de explosivos (calificados).</li> <li>Público en general que reside en la proximidad de la instalación de explosivos.</li> <li>Público en general que transita en la proximidad de la instalación de explosivos.</li> </ul>
Análisis de riesgos	Decidir el nivel apropiado de riesgo tolerable en términos de I <sub>R</sub> y S <sub>R</sub> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los niveles de riesgo debieran ser comparables con otros procesos industriales.</li> </ul>
Aceptación de riesgos	Obtener una aprobación ministerial por escrito para los niveles de Riesgo Tolerable.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esto garantiza que los Ministros conozcan el riesgo y su responsabilidad de asignar los recursos adecuados para gestionar el riesgo y mantenerlo dentro de los niveles tolerables.</li> </ul>
Comunicación de riesgos	Comunicar ampliamente los niveles de riesgo tolerable que se están aplicando a las Instalaciones de Explosivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estamentos políticos deberían informar a las comunidades cercanas sobre los riesgos a los que estas están expuestas.</li> </ul>

Tabla 4: Protocolo de riesgo tolerable

El riesgo tolerable se alcanza mediante el proceso iterativo de la valoración de riesgos (análisis de riesgos y evaluación de riesgos) y la reducción de riesgos. Véase Figura 1.



**Figura 1: Proceso iterativo de la evaluación de riesgos.<sup>16</sup>**

Una evaluación de riesgos efectiva tiene una variedad de beneficios que incluyen:

- a) ayuda a clasificar, según su importancia, la contribución de los riesgos individuales al riesgo general;
- b) ayuda a identificar los riesgos que se reducen o eliminan con facilidad;
- c) ayuda a aclarar lo que se sabe y lo que no se sabe sobre el riesgo potencial;
- d) puede proporcionar un fundamento objetivo para la toma de decisiones sobre el control de riesgos, especialmente aquellos riesgos atribuidos a las comunidades civiles locales cercanas a las áreas de almacenamiento de municiones;
- e) puede proporcionar información cuantitativa importante como aporte para las decisiones relacionadas con la asignación de recursos a la gestión de existencias de municiones convencionales;
- f) permite clasificar las alternativas de reducción o remediación de riesgos en función de riesgo para los trabajadores, el medio ambiente y el público; y
- g) puede proporcionar un proceso para la creación de consenso y un foro para la participación de los grupos de interés en el desarrollo del proceso de evaluación de riesgos y en la identificación del riesgo tolerable. Se espera que este proceso conlleve a una mayor aceptación de dicho riesgo.

#### **6.4 Alcance del riesgo tolerable**

El siguiente procedimiento general debería aplicarse para reducir los riesgos a un nivel tolerable durante la gestión de existencias de municiones convencionales:

- a) identificar a los posibles grupos de interés en el proceso de la gestión de existencias de municiones convencionales (es decir, la comunidad civil local, los trabajadores en el depósito de municiones, la gerencia, etc.);
- b) identificar cada peligro (inclusive cualquier situación peligrosa y evento dañino) que surja en cualquiera de las etapas del proceso de la gestión de existencias;
- c) estimar y evaluar el riesgo para cada usuario o grupo identificado (por ejemplo, las consecuencias de un evento explosivo en términos de muertes, lesiones, daños a la propiedad, contaminación ambiental y pérdidas financieras);
- d) juzgar si ese riesgo es tolerable (por ejemplo, en comparación con otros riesgos para el usuario y con lo que es aceptable para la sociedad); y
- e) si el riesgo no es tolerable, reducir el riesgo hasta que sea tolerable.

Para llevar a cabo el proceso de reducción de riesgos, el orden de prioridad a tenerse en cuenta debería ser el siguiente:

- a) diseño inherentemente seguro de equipos y procesos;
- b) imposición de distancias de separación seguras y apropiadas entre el almacenamiento de municiones y los lugares potencialmente expuestos;
- c) procedimientos operativos inherentemente seguros, donde el riesgo se haya reducido a un nivel tolerable para cada procedimiento y actividad;
- d) capacitación adecuada y efectiva del personal;

---

<sup>16</sup> Este flujograma, ligeramente modificado, aparecerá en otras IATG cuando fuere necesario.

- e) uso de equipos de protección personal durante el procesamiento de municiones, cuando corresponda; e
- f) información para el personal de gestión de existencias y las comunidades locales.

## **7 Evaluación de riesgos (almacenamiento de municiones)**

### **7.1 Valoración cualitativa de riesgos**

Las valoraciones cualitativas de riesgos son descriptivas y no utilizan datos medibles o calculables; asimismo, son los más utilizados para el análisis de riesgos en muchas circunstancias. No requieren datos de probabilidad y únicamente utilizan la pérdida potencial estimada. Estas valoraciones debieran emplearse excepcionalmente durante los procesos de evaluación de riesgos en el almacenamiento de municiones convencionales, ya que existe una variedad de técnicas científicamente aceptadas y probadas disponibles para permitir una valoración de riesgos más cuantitativa. Sin embargo, pudieran utilizarse para procesos específicos que respaldan la gestión de municiones donde hay pocos datos cuantitativos disponibles, como los procedimientos técnicos para las tareas de procesamiento de municiones.

El Anexo D muestra el ejemplo de una técnica de Evaluación Cualitativa de Riesgos.

### **7.2 Valoración cuantitativa de riesgos**

La Evaluación Cuantitativa de Riesgos (QRA) es una herramienta poderosa para investigar y reducir riesgos. Debiera emplearse para estimar la probabilidad aproximada de una explosión accidental durante el almacenamiento de municiones y luego estimar las muertes, lesiones, daños y otras pérdidas causadas por explosión (es decir, las consecuencias). Esta valoración permite que el profesional de una opinión experta respecto a si el riesgo cumple o no con el principio de ALARP<sup>17</sup>. Se utiliza en el software de las IATG.

La QRA ofrece una ventaja sobre a los métodos más subjetivos en los que se utiliza un conjunto más completo de información disponible para cuantificar el 'riesgo' como parámetro. Permite la coherencia y la repetibilidad de una decisión a otra (por ejemplo, al comparar el peligro presentado por cada almacén de explosivos dentro de un depósito de municiones).

La principal limitación de algunas de las técnicas utilizadas en la QRA (para explosivos) es el grado de incertidumbre inherente al parámetro calculado (véase Punto 14); esto frecuentemente se debe frecuentemente al amplio número de variables. Sin embargo, la precisión en el sentido absoluto o general puede discutirse dentro de las 'órdenes de magnitud' (factores de 10) e incluso permitir una toma de decisiones adecuada. La fidelidad<sup>18</sup> pudiera ser bastante buena, y las opciones relativas pueden compararse con un grado de confianza (dentro de un factor de 2 o mejor).

El Anexo E muestra el ejemplo de una técnica de Evaluación Cuantitativa de Riesgos.

---

<sup>17</sup> Tan bajo como sea razonablemente factible. Se requiere una opinión técnica y de ingeniería de explosivos para determinar si el nivel alcanzado es lo más razonablemente bajo posible.

<sup>18</sup> La fidelidad en este caso hace referencia al 'grado en que es probable que el modelo de QRA se compare con un evento de la vida real'.



## 8 Análisis de riesgos

### 8.1 Identificación y análisis de riesgos

La identificación y análisis de riesgos es un proceso razonablemente sencillo para el proceso de la gestión de riesgos que respalda el almacenamiento de municiones convencionales. Dado que el peligro se define como una posible fuente de daño, entonces el peligro procedente, por ejemplo, de los almacenes de explosivos (ESH) particulares dependerá de la cantidad, la clasificación de riesgo<sup>19</sup>, la condición física y la estabilidad química de la munición contenida dentro de dichos ESH.

Si las distancias entre polvorines (IMD) no se ajustan a las recomendaciones percibidas en la IATG 02.20 *Distancias de cantidad y de separación*, se requerirá un análisis de riesgo adicional. Normalmente, cada ESH es considerado un Sitio de Explosión Potencial (PES) individual. Sin embargo, si existe un riesgo de propagación prácticamente instantánea (PIP) debido a una IMD inadecuada entre los ESH, entonces es posible que estos ESH deban ser tratados como PES y la cantidad explosiva deba agregarse.

### 8.2 Estimación de riesgos

Considerando que el 'riesgo' se define como una *combinación de la probabilidad de ocurrencia de un daño y la gravedad de ese daño*, en el caso de los eventos explosivos que ocurren en áreas de almacenamiento para municiones, la estimación de riesgos debiera establecer y/o estimar:

- a) la probabilidad de que se produzca un evento explosivo imprevisto e indeseado
- b) los efectos físicos de dicha explosión;
- c) el número de bajas que se prevé; y
- d) los niveles de daño que se prevén.

Las Puntos 8.2 b) a d) abarcan lo que se conoce como el «análisis de consecuencias». (Véase el Punto 13.3).

#### 8.2.1. Estimación de la probabilidad de un evento explosivo indeseado (NIVEL 1)

En muchos casos será difícil establecer la probabilidad de que ocurra un evento explosivo no planificado e indeseado en una zona de almacenamiento de explosivos en particular. Sin embargo, se dispone de datos sobre el número de eventos que ocurre anualmente<sup>20</sup> y una organización de gestión de existencias debiera estar al tanto de eventos similares que hayan ocurrido anteriormente en su región; esto ayudará a la organización a sopesar la frecuencia y, por lo tanto, la probabilidad. Esto se conoce como el enfoque «histórico» y en el Punto 8.2.1.1 se presenta un ejemplo de modelo. En el Punto 8.2.1.2 adopta un enfoque más cualitativo.

Los métodos alternativos para establecer la frecuencia y, por lo tanto, la probabilidad de que se produzcan eventos explosivos, durante el proceso de estimación de riesgos incluyen técnicas analíticas, tales como los intentos por definir y cuantificar todos los escenarios potenciales en los que puede ocurrir un evento explosivo. Con frecuencia, se utilizan los enfoques lógicos o el análisis de árbol de fallos (*Fault Tree Analysis*) en función de la complejidad y el número de escenarios propuestos que conducen a un evento. Puede ser un proceso complejo y sofisticado, por lo que se pone a disposición mayor orientación en las referencias informativas del Anexo B.

---

<sup>19</sup> Véase la IATG 01.50 *Sistemas y Códigos de Clasificación de Riesgos de Explosivos de la ONU*.

<sup>20</sup> Aproximadamente 20+ por año.

**8.2.1.1. Ejemplo de modelo de estimación de probabilidad (histórico) (NIVEL 1)**

El siguiente ejemplo de modelo de probabilidad de un fenómeno explosivo indeseado debido a sistemas o procesos de gestión de existencias inadecuados pudiera utilizarse, o adaptarse, si no se dispone de otros datos o evidencias. Los datos para este modelo sencillo se fundamentan en lo siguiente:

- a) existen 192 Estados miembros de la ONU. Si se asume de manera conservadora que en promedio cada Estado cuenta con 10 depósitos de municiones de tamaño significativo, entonces existen 1920 depósitos de municiones de tamaño significativo en todo el mundo;
- b) se asume, además, sobre la base de la experiencia adquirida durante las visitas de campo realizadas por observadores internacionales, que al menos el 60 % de estos depósitos no se ajustan a las mejores prácticas internacionales en materia de seguridad contra explosivos; y
- c) también existen evidencias documentadas<sup>21</sup> de que se ha producido un promedio de 27.7 eventos explosivos indeseados conocidos que han ocurrido anualmente en cada uno de los últimos 10 años (2004-2013 inclusive), la gran mayoría de los cuales se ha producido en lugares en los que se aplicaron procesos de gestión de existencias inadecuados.

Por lo tanto, pudiera argumentarse razonablemente que la probabilidad anual de que se produzca un evento explosivo indeseado dentro de un depósito de municiones con sistemas o procesos de gestión de existencias inadecuados, es en la actualidad de aproximadamente:

$$P_{\text{Evento}} = (27.7 / (1920 \times 0.6)) = 0.024 = 2.4 \times 10^{-2} \text{ (2.4 \%)}$$

Esta estimación de probabilidad está ciertamente dentro de un orden de magnitud y pudiera utilizarse para fines de planificación.

Una probabilidad de  $2.4 \times 10^{-2}$  de que se produzca un evento explosivo en un depósito de municiones que cuenta con procesos de gestión de existencias inadecuados pudiera percibirse como bastante alta cuando se compara con el riesgo tolerable en la mayoría de las sociedades. Principalmente, se debe a que el impacto de la tasa de mortalidad promedio (2004-2013) por cada evento explosivo indeseado en un área de almacenamiento de municiones es de 9.96 muertes<sup>22</sup>, con una tasa de bajas (víctimas de lesión) de 34.1 por evento explosivo<sup>23</sup>.

Lo inverso de este modelo es que, si existen sistemas y procesos de gestión de existencias inadecuados que se están aplicando eficazmente, la probabilidad de que no se produzcan eventos explosivos indeseados en los depósitos de municiones restantes ( $P_{\text{Ningun-Evento}}$ ) es:

$$P_{\text{Ningun-Evento}} = (1 - 0.024) = 98.76 \%^{24}$$

**8.2.1.2. Ejemplo de modelo de estimación de probabilidad (cualitativo) (NIVEL 1)**

La Tabla 5 ilustra un método más cualitativo para estimar la probabilidad de un evento explosivo:

<sup>21</sup> *The Threat from Explosive Events in Ammunition Storage Areas* (La Amenaza de Eventos Explosivos en Áreas de Almacenamiento para Municiones). Explosive Capabilities Limited. Reino Unido. 26 de setiembre de 2009. Actualmente parte del proyecto Unexpected Explosions at Munition Sites (Explosiones Inesperadas en Sitios de Municiones) (UES) de Small Arms Survey. Los datos del UEMS pudieran utilizarse para actualizar este modelo de riesgo de forma regular.

<sup>22</sup> 2760 muertes entre 2004 y 2013. Fuente: *Ibid.*

<sup>23</sup> 9457 bajas entre 2004 y 2013. Fuente: *Ibid.* (Se excluyó de los resultados una explosión dado al número no confirmado de bajas). Es probable que la tasa sea más alta.

<sup>24</sup> Convertir la probabilidad en un 'porcentaje de probabilidad' no es una buena práctica estadística o matemática, pero ayuda a educar e informar a los políticos, al público en general y a los responsables de formular políticas no técnicas y de tomar decisiones con respecto al riesgo.

Descripción genérica	Probabilidad	Definición cualitativa
Probable	Frecuente	▪ Se espera que ocurra una o más veces.
	Casi seguro	
	Muy probable	
	Probable	
Ocasional	Posible	▪ Es improbable, pero posible que ocurra.
Improbable	Pocas veces	▪ Pudiera asumirse que no ocurrirá.
	Raro	
	Improbable	

Tabla 5: Estimación cualitativa de la probabilidad de un evento explosivo

### 8.2.2. Estimación de los efectos físicos de un evento explosivo no planificado o indeseado (NIVEL 2)

Los efectos físicos de un evento explosivo indeseado dentro de un depósito de municiones pueden estimarse aplicando la ecuación apropiada incluida en la IATG 01.80 *Fórmulas para la gestión de municiones* (Punto 6.2). Esta ecuación puede utilizarse para determinar la sobrepresión y el impulso por voladura a una distancia desde un sitio de explosión potencial hasta un sitio expuesto a partir de una masa de explosivos conocida.

Los umbrales de sobrepresión por explosión con efectos en los seres humanos se han establecido mediante la experimentación (34.5 kPa para la aparición del daño auditivo, 207 kPa para el daño pulmonar y 690 kPa para la mortalidad)<sup>25</sup> y, por lo tanto, si se conoce la densidad poblacional dentro de los rangos apropiados, se puede obtener una estimación del número total de muertes y bajas. Alternativamente, se puede utilizar el *modelo ESTC Outdoor*. (Ambos métodos se detallan en el Punto 11.2 de la IATG 01.80 *Fórmulas para la gestión de municiones*).

Del mismo modo, pueden estimarse los efectos de las explosiones en los edificios situados dentro y fuera del perímetro del depósito de municiones. (Punto 10 de la IATG 01.80 *Fórmulas para la gestión de municiones*).

### 8.2.3. Estimación del riesgo individual (NIVEL 2)

El riesgo se define como la «probabilidad x consecuencias». Cuando se disponga de datos nacionales sobre accidentes de todo tipo, el Riesgo de Mortalidad Individual ( $IR_{\text{fatalidad}}$ ) (Tabla 6) como resultado de una explosión no deseada pudiera compararse con el 'riesgo tolerable' aceptado de otras actividades o procesos industriales. A partir del Punto 4, el IR anual se define de la siguiente manera:

$IR_{\text{Fatalidad}} \Rightarrow P_e \times P_{\text{Fatalidad Evento}} \times E_p$	$IR_{\text{Fatalidad}}$ = Riesgo de Mortalidad Individual Anual $P_e$ = Eventos por Año $P_{\text{Fatalidad Evento}}$ = Probabilidad de Muerte <sup>26</sup> $E_p$ = Probabilidad de Exposición al Peligro
---	---

Tabla 6: Riesgo de Mortalidad Individual Anual ( $IR_{\text{Fatalidad}}$ )

<sup>25</sup> Estimación de la tolerancia de los hombres a los efectos directos de la corriente de aire. Bowen. Octubre de 1968.

<sup>26</sup> Para una persona continuamente expuesta.

Por ejemplo, si los datos estimados a partir del Punto 8.2.1 se utilizan para un sitio expuesto que se encuentra dentro de la distancia de separación<sup>27</sup> adecuada para una sobrepresión por explosión mortal en un sitio expuesto (es decir, fuera de una casa de uso civil), en el caso de que se produzca un evento explosivo, entonces el IR en esa casa puede estimarse de la siguiente manera:

- $P_e$  (Eventos por Año) =  $2.4 \times 10^{-2}$
- $P_{f1e}$  = Probabilidad de Muerte = 0.99
- $E_p$  = Probabilidad de Exposición al Riesgo = 0.0833 (Asumiendo que una persona permanece fuera de su casa por 2 horas)<sup>28</sup>
- $IR_{\text{Fatalidad}} = 2.4 \times 10^{-2} \times 0.99 \times 0.0833 = 1.98 \times 10^{-3}$  (0.20 %)

La Tabla 7 muestra una categorización cualitativa de riesgo alternativa:

Descripción	Definición cualitativa
Catastrófico	▪ Evento indeseado que provoca múltiples muertes y/o lesiones graves a personas y/o pérdidas o daños importantes en infraestructuras o equipos críticos.
Grave	▪ Evento indeseado que provoca algunas muertes y/o lesiones graves a personas y/o pérdidas o daños importantes en infraestructuras o equipos críticos.
Leve	▪ Evento indeseado que provoca lesiones leves a personas y un impacto mínimo en infraestructuras o equipos.

Tabla 7: Categorización cualitativa de riesgo

#### 8.2.4. Índice cualitativo de riesgo

Una combinación de las estimaciones cualitativas en las Tablas 5 y 7 pudiera emplearse para desarrollar un índice cualitativo de riesgo, como el que se muestra en la Tabla 8:

Probabilidad	Gravedad del Riesgo		
	Catastrófico	Grave	Leve
Probable	Alto	Alto	Medio
Ocasional	Alto	Medio	Bajo
Improbable	Medio	Medio	Bajo

Tabla 8: Índice cualitativo de riesgo

## 9 Evaluación de Riesgos y ALARP

El objetivo de la evaluación de riesgos es comparar los efectos estimados, en términos de muerte y lesiones humanas, costos financieros e impacto político, de un evento explosivo frente a lo que es tolerable en la sociedad. Si el riesgo es considerado como tolerable, entonces no debiera requerirse ninguna acción correctiva, aunque también debería considerarse si el riesgo es tan bajo como sea razonablemente factible (ALARP).

<sup>27</sup> Véase la IATG 02.20 *Distancias de cantidad y de separación*.

<sup>28</sup> Para las personas dentro de la casa, este método debe emplearse en paralelo con los establecidos de los Puntos 10 y 11.3 de la IATG 01.80 *Fórmulas para la gestión de municiones*.

Un método para valorar el  $IR_{\text{Fatalidad}}$  estimado en relación con el riesgo tolerable en una determinada sociedad pudiera consistir en compararlo con otro  $IR_{\text{Fatalidad}}$  que pudiera estar disponible para eventos tales como: 1) muertes por accidentes de tráfico; 2) muertes a causa de procesos industriales; o 3) muertes por enfermedad<sup>29</sup>, etc.

Si el riesgo no se valora como tolerable, entonces debieran adoptarse las medidas correctivas adecuadas para reducir dicho riesgo. (Véase Punto 10).

## 10 Reducción de riesgos

Para reducir el riesgo estimado a partir de un evento explosivo no planificado o indeseado en un área de almacenamiento para municiones, debiera adoptarse una de las siguientes medidas o una combinación de ellas:

- a) reducción de los niveles de existencias de municiones en la zona de almacenamiento de explosivos hasta que se alcancen los niveles previstos de sobrepresión por explosión en el sitio expuesto; **(NIVEL 1)**
- b) ampliación de la distancia de separación entre el sitio de explosión potencial y el sitio expuesto hasta que se alcancen los niveles tolerables de sobrepresión por voladura (onda expansiva) en el sitio expuesto; **(NIVEL 2)**
- c) mejoras en la infraestructura física del almacén de municiones para alcanzar los niveles tolerables estimados de sobreprotección por explosión en el sitio expuesto; **(NIVEL 2 y 3)**<sup>30</sup>
- d) inducción sobre sistemas eficaces de inspección y prueba de municiones a fin de identificar cualquier munición o propulsor que se haya deteriorado a una condición peligrosa (véase la IATG 07.20 *Vigilancia y pruebas*); **(NIVEL 3)**
- e) cierre del depósito de municiones y transferencia de existencias a un depósito con capacidad disponible; **(NIVEL 1)** o
- f) aceptación formal, a nivel político apropiado, del impacto probable del riesgo estimado para la comunidad local. **(NIVEL 1)**

## 11 Aceptación de riesgos **(NIVEL 1)**

Los criterios de aceptación de riesgos dependen de la combinación de tres factores:

- a) las percepciones locales del riesgo social y, por lo tanto, la especificación detallada del «riesgo tolerable»;
- b) las pérdidas y costos económicos potenciales a causa de un evento explosivo no deseado (que incluirán: 1) los costos de reparación de la disposición de artefactos explosivos; 2) los costos de reconstrucción (para edificios públicos y de uso civil); 3) los costos de indemnización por lesiones; y 4) los costos de reemplazo de municiones). Antes de que el riesgo pudiera aceptarse formalmente, pudiera requerirse un análisis de la relación costo-beneficio (CBA), ya que este podría repercutir en el riesgo tolerable y, por lo tanto, requerir una reiteración del proceso de evaluación de riesgos (véase Punto 15); y
- c) el impacto ambiental.

---

<sup>29</sup> La información sobre este tema está disponible por país en la base de datos WHOIS (Estadísticas de Información de la Organización Mundial de la Salud). [www.who.int/whois](http://www.who.int/whois)

<sup>30</sup> El grado de mejora determinará el nivel apropiado que se ha alcanzado.

Cuando el riesgo tolerable se haya alcanzado y, de ser necesario, se haya fundamentado mediante el CBA, entonces dicho riesgo y el riesgo residual debieran ser formalmente aceptados por la autoridad competente dentro de una organización de gestión de existencias de municiones convencionales. En lo que respecta al almacenamiento de municiones, este debiera realizarse mediante la expedición de Licencias de Explosivos para el área de almacenamiento de municiones. (Véase la IATG 02.30 *Autorización de zonas de almacenamiento de explosivos*).

Cuando el riesgo tolerable no se haya alcanzado y no se disponga de recursos para alcanzarlo a corto plazo, entonces la entidad responsable de la asignación de recursos a la organización de gestión de existencias debiera aceptar formalmente por escrito el riesgo residual. En la medida que se hayan identificado medidas para alcanzar el riesgo tolerable, el riesgo recae en una cuestión de asignación de recursos y no de conocimientos técnicos.

Si la entidad que asigna los recursos se niega a aceptar formalmente por escrito el riesgo, entonces el asunto debiera ser referido al siguiente nivel de gobierno para que resuelva el asunto. Si se llega a esta etapa, entonces es una responsabilidad política liberar los recursos necesarios, o el riesgo debiera aceptarse formalmente por escrito en ese nivel de gobierno. La aceptación formal del riesgo significa asumir la responsabilidad individual y personal en el caso de que ocurra un evento en el futuro; por lo tanto, es probable que la cuestión de la aceptación del riesgo pudiera alcanzar niveles de gobierno y políticos bastante altos. Esto garantiza la asunción de responsabilidad en caso de que se produzca un evento explosivo indeseado en el futuro, ya que los políticos debieron haber aceptado las consecuencias de la decisión de no asignar recursos suficientes para alcanzar un riesgo tolerable. Este proceso debiera llevarse a cabo anualmente durante el proceso de elaboración del presupuesto para la organización de gestión de existencias.

## **12 Comunicación de riesgos (NIVEL 1)**

La comunicación de riesgos es un proceso interactivo de intercambio de información y opinión sobre el riesgo entre los evaluadores de riesgos, los gestores de riesgos y otros actores, que pudieran incluir a representantes de la comunidad civil local que pudieran verse afectados por el riesgo.

La comunicación de riesgos es una parte integral y continua del proceso de gestión de riesgos, y lo ideal es que todos los grupos de interés pudieran participar desde el principio. La comunicación de riesgos hace que los actores sean conscientes de los resultados de la valoración de riesgos, de la lógica que subyace al proceso del análisis de riesgos y de las medidas correctivas adoptadas para garantizar un nivel de riesgo tolerable.

La identificación de grupos de interés específicos y sus representantes debiera formar parte de una estrategia general de comunicación de riesgos. Esta estrategia de comunicación de riesgos debiera ser discutida y acordada entre los gestores de riesgos al inicio del proceso con la finalidad de garantizar una comunicación bidireccional. Asimismo, esta estrategia debiera incluir también la persona que debiera presentar la información al público y la forma en que debe hacerse. La estrategia de comunicación de riesgos debiera apuntar a mejorar las percepciones de seguridad para el personal dentro del depósito de municiones y también para la comunidad local.

## **13 Técnicas de estimación de riesgos**

La técnica empleada para la estimación de riesgos debiera ser sencilla de explicar, aun cuando las fórmulas aplicadas sean complejas. A veces hay escepticismo sobre las valoraciones de riesgos y, por lo tanto, pudiera valer la pena desarrollar explicaciones que sean fácilmente comprensibles. No se trata de seleccionar métodos simples, pero inexactos. Significa que vale la pena invertir el tiempo necesario para desarrollar de manera clara y comprensible los análisis y las explicaciones. Si la técnica no pudiera explicarse y justificarse con una ingeniería o ciencia de explosivos aceptada, es posible que no sea aceptada como consenso. En caso no exista consenso, es posible que no pudiera defenderse ante los tribunales.

### 13.1 Pruebas (NIVEL 3)

Cuando no se cuenta con suficientes datos disponibles, pudiera ser conveniente realizar una prueba física, a escala completa o reducida, con la finalidad de obtener datos específicos en los casos en que los eventos hayan sido poco frecuentes o no hayan sido registrados adecuadamente. En cuanto a los eventos explosivos indeseados o no planificados en las áreas de almacenamiento para municiones, estas pruebas son muy costosas, rara vez se llevan a cabo y, por lo general, se realizan sobre una base bilateral. Afortunadamente, los resultados de las pruebas anteriores<sup>31</sup> se han puesto a disposición y constituyen la base de las distancias de cantidad y de separación recomendadas que se emplean en una serie de ‘mejores prácticas’ internacionales.<sup>32</sup>

### 13.2 Distancia de cantidad y de separación (NIVEL 2)

La aplicación del criterio de Cantidad–Distancia (QD) para desarrollar apropiadamente las distancias de separación entre los sitios de explosión potencial (PES) y las áreas expuestas a los efectos de dicha explosión (sitios expuestos (ES) es una práctica común para muchas organizaciones de gestión de existencias de municiones convencionales. La IATG 02.20 *Distancias de cantidad y de separación* proporciona información más detallada sobre la aplicación de esta técnica y las distancias apropiadas que deben utilizarse.

Los modelos empleados para la evaluación de los criterios de QD proporcionan resultados con suficientes márgenes de seguridad, ya que esto garantiza de que no se subestiman los efectos de una explosión. Dado que el resultado de las explosiones accidentales en las zonas de almacenamiento de explosivos depende de muchos factores, de los cuales no todos son fácilmente modelables con precisión, existen limitaciones en la aplicación práctica de los criterios de QD en cualquier circunstancia. Aunque el uso de los criterios de QD es un proceso razonablemente simple, el nivel de protección adecuado puede formularse únicamente para categorías generales de PES y ES. El diseño del edificio, el estado de conservación, la topografía, entre otros aspectos variarán en función de los diferentes escenarios; por lo tanto, los criterios de QD proporcionan estimaciones precisas únicamente para los tipos de edificios para los que se dispone de datos.

No siempre es posible disponer de las distancias de separación propuestas por el criterio de QD, en cuyo caso debiera considerarse el Análisis de Consecuencias de una Explosión (ECA).

### 13.3 Análisis de consecuencias de una explosión (NIVEL 2)

El Análisis de Consecuencias de una Explosión (ECA) puede definirse como *un proceso estructurado que utiliza la ciencia y la ingeniería de explosivos para proporcionar pruebas científicas del potencial riesgo que representan para las personas y los bienes los efectos y la fragmentación de una explosión en el caso de que se produzca un evento explosivo indeseado.*

El ECA puede ser un componente esencial del proceso de análisis de riesgos durante el desarrollo de una Valoración Cuantitativa y/o Cualitativa de Riesgos. El componente inicial de un ECA debiera compilarse utilizando la(s) fórmula(s) científica(s) adecuada(s) propuesta(s) en la IATG 01.80 *Fórmulas para la gestión de municiones.*

Los objetivos de un ECA debieran ser los siguientes:

- a) considerar un escenario realista de amenaza de explosivos;
- b) estimar los efectos que una explosión haya causado en personas y estructuras cercanas; y

<sup>31</sup> Inclusive las pruebas a gran escala realizadas en Australia durante los últimos 40 años en nombre de diversos gobiernos que trabajan en conjunto.

<sup>32</sup> OTAN AASPT-1, UK MSER etc.

- c) enfatizar las áreas de riesgo particularmente vulnerables que pudieran exigir requerimientos de protección especial.

El Anexo E muestra el ejemplo de una metodología simple del ECA que podría emplearse. Un ECA más completo también debiera considerar los siguientes riesgos externos adicionales y contribuciones a la frecuencia de iniciación:

- a) relámpagos. Cuando no se proporciona protección contra relámpagos de acuerdo con la IATG 05.40 *Normas de seguridad para instalaciones eléctricas*.
- b) inundación. Cuando la instalación de explosivos se encuentra dentro de una planicie de inundación conocida;
- c) accidente aéreo. Cuando la instalación de explosivos se encuentra cerca de rutas aéreas comerciales o si se encuentra en una zona de alto tránsito para aeronaves ligeras;
- d) instalaciones peligrosas cercanas. Cuando la instalación de explosivos se encuentra cerca de o junto a, por ejemplo, depósitos de petróleo o sitios de disposición de municiones;
- e) destrucción malintencionada. La amenaza de sabotaje o ataque terrorista; y/o
- f) iniciación resultante. Cuando los sitios de explosión potencial (PES) se encuentran dentro de distancias de separación inadecuadas y una explosión en uno de ellos provoca la iniciación de explosivos en los PES cercanos.

El software de la IATG cuenta con un ECA 'automatizado' que solo requiere el ingreso de datos básicos que pueden obtenerse fácilmente.<sup>33</sup> El Anexo F contiene detalles del software de las IATG.

### 13.4 Expedientes de seguridad (NIVEL 2)

En el caso de la construcción de sitios de almacenamiento de municiones temporales (véase la IATG 04.20), cuando no sea posible cumplir plenamente con la Cantidad–Distancia Externa y la Cantidad–Distancia Interna, se deberá compilar un Expediente de Seguridad frente a Explosiones (ESC). Esto se hace para garantizar que el riesgo de explosión soportado sea lo más bajo posible y no ponga en peligro la capacidad operativa, y que se tengan en cuenta de forma adecuada los requerimientos de Salud y Seguridad, así como las responsabilidades de cuidado.

Habrán casos, particularmente en situaciones posteriores a conflictos, en los que un sinnúmero de grupos de interés brinde asesoría en gestión de existencias de municiones o en funciones operacionales como compromiso humanitario. Es muy conveniente que, en dichas circunstancias, todos los grupos de interés utilicen un formato común de expedientes de seguridad frente a explosiones, en el cual se incluya los requerimientos establecidos en todas las IATG. El Anexo G contiene este formato.

Los expedientes de seguridad frente a explosiones deberán ser elaborados únicamente por personas debidamente calificadas y con experiencia en la gestión de seguridad de municiones.

---

<sup>33</sup>Los países han diseñado sistemas más complejos, como AMMORISK (Noruega y Suiza), AUSRISK (Australia), NOHARM (EE.UU.), RISKWING (UK), SAFER (EE.UU.). Los Estados debieran evaluar la posibilidad de obtener estos sistemas sobre la base del principio de apoyo bilateral.



## 14 Incertidumbre en la estimación de riesgos

Debido al rango de variables involucradas, las incertidumbres son inevitables en la estimación de riesgos a la hora de predecir las consecuencias de los eventos explosivos. Las presunciones del proceso debieran estar siempre claramente establecidas, al igual que las fuentes de datos. También pudiera incluirse márgenes de error y niveles de confianza, aunque ello requerirá el acceso a una serie de datos estadísticos que pudieran no estar disponibles. Es posible que las incertidumbres en la probabilidad de eventos (véase el ejemplo en el Punto 8.2.3) pudieran ser de un factor de dos o tres; en algunos casos incluso de un factor de 10. En términos matemáticos, esto no sería recomendable durante, por ejemplo, un proceso de planificación financiera, aunque pudiera ser aceptable en la estimación de riesgos.

Para explicar ello, muchas naciones aceptan que un  $IR_{\text{fatalidad}}$  para los trabajadores de un proceso industrial debiera ser de  $1 \times 10^{-5}$  a  $1 \times 10^{-6}$  en la región y, por lo tanto, si se calculara que el  $IR_{\text{fatalidad}}$  para un evento explosivo indeseado es de  $1 \times 10^{-3}$ , entonces es evidente que esto no sería un riesgo tolerable, ya que se encuentra de dos a tres órdenes de magnitud lejos de los niveles de riesgo social aceptables en dichas naciones en particular.

La estimación de riesgos es una herramienta poderosa para garantizar la seguridad de las existencias de municiones convencionales, pero debiera utilizarse con sensatez y por personas que comprendan los peligros y tengan la experiencia técnica para evaluar cuándo esta estimación produce resultados improbables. No es una técnica precisa y los resultados serán solo aproximados, pero en el campo de la ingeniería de explosivos es una técnica probada que ha mejorado significativamente la seguridad frente a explosivos al ser aplicada.

## 15 Análisis de la relación costo-beneficio (NIVEL 2)

### 15.1 Valores monetarios previstos (NIVEL 2)

El Valor Monetario Previsto (EMV, por sus siglas en inglés)<sup>34</sup> es una técnica que permite conocer la relación costo-beneficio y que puede emplearse para estimar los costos de las medidas de subsanación frente a los costos financieros de un evento explosivo indeseado dentro de un área de almacenamiento para municiones. Se trata de una técnica muy utilizada por los actuarios en el sector de seguros.

La Tabla 9 ilustra los costos financieros indicativos para la subsanación después de una explosión indeseada dentro de un depósito de municiones. Considera tres escenarios:

- a) un incendio de menor magnitud que provoque: 1) daños a las existencias de municiones; y 2) daños limitados a la infraestructura;
- b) un incendio de gran magnitud que provoque explosiones menores con: 1) destrucción de las existencias de municiones; 2) destrucción del depósito de explosivos; 3) daños limitados en otras partes del depósito; 4) contaminación limitada a causa de municiones sin explotar dentro los depósitos de municiones; 5) lesiones leves a la población civil; y 6) daños leves a la propiedad de uso civil fuera del depósito de municiones; y
- c) un incendio de gran magnitud que provoque explosiones de gran envergadura con: 1) destrucción del almacén de explosivos; 2) destrucción de los almacenes circundantes; 3) destrucción de una proporción significativa de las existencias de municiones dentro del depósito de municiones; 4) contaminación significativa a causa de municiones sin explotar fuera del perímetro del área de explosivos; 5) muertes y lesiones a la población civil; y 6) destrucción y daños a la propiedad de uso civil fuera del depósito de municiones.

---

<sup>34</sup> *Concept source for the use of EMV* (Fuente conceptual para el uso del EMV). Keeley R. The Economics of Landmine Clearance. [www.dissertation.de](http://www.dissertation.de). 2006.

Como los costos financieros varían significativamente de una región a otra, no es posible asignar costos financieros finitos, pero sí es posible indicar el orden de magnitud de los costos, que se representan con 'x' en la Tabla 9.

Área de costo financiero	Costos del evento (\$x)		
	Incendio de menor magnitud (No hay explosión)	Incendio de mayor magnitud (Explosión menor)	Incendio de mayor magnitud (Explosión masiva) <sup>35</sup>
Costos de Disposición de Artefactos Explosivos (EOD)	x	xx	xxxxx
Costos de reparación (depósito de municiones)	xx	xxxx	xxxxx
Costos de reparación (edificios de uso civil)		x	xxxx
Costos de reconstrucción (depósito de municiones)	xx	xxxx	xxxxx
Costos de reconstrucción (edificios de uso civil)			xxx
Costos de indemnización por lesiones		x	xxxx
Costos de reemplazo de municiones	xxx	xxxx	xxxxx
Costos de capacitación del personal (nuevo personal)		xx	xxxx
<b>Costos totales</b>	<b>8 x</b>	<b>18 x</b>	<b>35 x</b>

Tabla 9: Órdenes de magnitud indicativos del EMV para eventos explosivos

La Tabla 10 ilustra los costos financieros indicativos de las posibles medidas de reducción de riesgos que debieran ser adoptadas con el fin de reducir la probabilidad de una explosión indeseada dentro de un depósito de municiones.

Como los costos financieros varían significativamente de una región a otra, tampoco es posible asignar costos financieros finitos, pero sí es posible indicar el orden de magnitud de los costos, que se representan con 'y' en la Tabla 10.

Área de costo financiero	Costos de reducción de riesgos antes un evento (\$y)		
	Incendio de menor magnitud (No hay explosión)	Incendio de mayor magnitud (Explosión menor)	Incendio de mayor magnitud (Explosión masiva) <sup>36</sup>
Edificios resistentes (robustos) de Almacén de Explosivos (ESH) <sup>37</sup>		yyy	yyyyy
Barricadas <sup>38</sup>		yy	yy

<sup>35</sup> Asumiendo la propagación desde un almacén de explosivos hasta el siguiente.

<sup>36</sup> Asumiendo la propagación desde un almacén de explosivos hasta el siguiente.

<sup>37</sup> Costos iniciales de adquisición y construcción.

<sup>38</sup> Costos iniciales de adquisición y construcción.

Área de costo financiero	Costos de reducción de riesgos antes un evento (\$y)		
	Incendio de menor magnitud (No hay explosión)	Incendio de mayor magnitud (Explosión menor)	Incendio de mayor magnitud (Explosión masiva) <sup>36</sup>
ESH y mantenimiento anual de barricadas	y	y	y
Equipos efectivos contra incendio	y	yy	yy
Costos de eliminación de vegetación	y	y	y
Capacitación efectiva del personal	y	yy	yyy
Procedimientos efectivos del depósito de municiones	y	y	y
Medidas efectivas contra el contrabando	y	y	y
<b>Costos totales</b>	<b>6 y</b>	<b>13 y</b>	<b>16 y</b>

Tabla 10: Órdenes de magnitud indicativos del EMV para costos de reducción de riesgos

El EMV utiliza una matriz de compensación para estimar los costos financieros anuales provenientes de la adopción de medidas correctivas o de la falta de adopción de tales medidas. El EMV se calcula de la siguiente forma:

$$EMV (\$) = (\text{Costos de subsanación adoptados o no adoptados} \times P_{\text{Evento}}) + (\text{Costos de subsanación adoptados o no adoptados} \times P_{\text{Non-Evento}})$$

El Anexo H contiene un ejemplo del uso de cifras indicativas del EMV para un depósito real de municiones en el que se produjo una explosión provocada por un incendio; además, considera el escenario de un Incendio de Gran Magnitud/Explosión Masiva, el cual se muestra en las Tablas 9 y 10.

## Anexo A (Normativas) Referencias

Los siguientes documentos normativos contienen disposiciones normativas que también deberían consultarse para tener mayor información referencial sobre el contenido de estas IATG. Para referencias con fecha, no se aplican modificaciones posteriores o revisiones de ninguna de estas publicaciones. Sin embargo, se recomienda que las partes de los acuerdos utilizados para elaborar esta sección de las IATG investiguen sobre la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos normativos que se enumeran más adelante. Para referencias sin fecha, se emplea la última edición del documento normativo en cuestión. Los miembros de la ISO conservan registros de las normas ISO o EN vigentes:

- a) IATG 01.40:2015[E] *Términos, glosario y definiciones*. UNODA. 2015;
- b) IATG 01.80:2015[E] *Fórmulas para la gestión de municiones*. UNODA. 2015;
- c) IATG 02.20:2015[E] *Cantidad y distancias de separación*. UNODA. 2015;
- d) Guía ISO 51:2014 *Aspectos de seguridad – Directrices para su inclusión en las normas*. ISO. 2014; y
- e) Selection and use of explosion effects and consequence models for explosives (Selección y uso de modelos de efectos y consecuencias de explosiones). (ISBN 07176 1791 2). Health and Safety Executive (Agencia Ejecutiva para la Salud y Seguridad del Reino Unido). Reino Unido. 2000.<sup>39</sup>

Se debe utilizar la última versión/edición de estas referencias. La Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UN ODA) conserva copias de todas las referencias<sup>40</sup> utilizadas en esta directriz. La UN ODA mantiene un registro de la última versión/edición de las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones y se puede revisar en la página web de las IATG: [www.un.org/disarmament/un-safeguard/](http://www.un.org/disarmament/un-safeguard/). Antes de iniciar sus programas de gestión de existencias de municiones convencionales, las autoridades nacionales, empleadores y otros organismos y entidades interesados deberán obtener las copias respectivas.

---

<sup>39</sup> Disponible en <http://books.hse.gov.uk>.

<sup>40</sup> En los casos en que los derechos de autor lo permitan.

## Anexo B (Informativas) Referencias

Los siguientes documentos informativos incluyen disposiciones que también deberían consultarse para tener mayor información referencial respecto al contenido de estas directrices:

- a) *Explosion Hazards and Evaluation (Riesgos de explosión y evaluación)*. W E Baker et al. (ISBN 0 444 42094 0). Elsevier. Ámsterdam. 1983;
- b) IATG 02.30:2015[E] *Licensing of explosive storage areas (Licencia de las instalaciones de explosivos)*. UNODA. 201;5
- c) AASTP-3, Edición 1, Modificación 3, *Manual of NATO Safety Principles for the Hazard Classification of Military Ammunition and Explosives (Manual de Principios de Seguridad de la OTAN para la Clasificación de Peligros Relacionados con Municiones y Explosivos Militares)*. OTAN. Agosto de 2009;
- d) AASPT-4 Edición 1, Modificación 2, *Explosives Safety Risk Analysis (Análisis de riesgos de seguridad de explosivos)*. OTAN. Octubre de 2011. (Nota: La Parte 2 tiene distribución restringida.);
- e) AASPT-5, Edición 1, Versión 2, *NATO Guidelines for the Storage, Maintenance and Transport of Ammunition on Deployed Missions or Operations (Normas de la OTAN para el Almacenamiento, Mantenimiento y Transporte de Municiones en Misiones u Operaciones Desplegadas)*. OTAN. Octubre de 2012;
- f) Estudio Técnico 14. *Approved Methods and Algorithms for DoD Risk-Based Explosives Siting (Métodos y Algoritmos Aprobados para el Emplazamiento de Explosivos Basado en Riesgos del Departamento de Defensa)*. Revisión 4. *Department of Defense Explosives Safety Board (Junta de Seguridad de Explosivos del Departamento de Defensa)*, Alexandria, Virginia, EE.UU. 21 de julio de 2009;
- g) Estudio Técnico 23. *Assessing Explosives Safety Risks, Deviations, and Consequences (Evaluación de Riesgos de Seguridad de Explosivos, Desvíos y Consecuencias)*. *Department of Defense Explosives Safety Board (Junta de Seguridad de Explosivos del Departamento de Defensa)*, Alexandria, Virginia, EE.UU. 31 de julio de 2009.

Se debe utilizar la última versión/edición de estas referencias. La Oficina para Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas (UN ODA) conserva copias de todas las referencias<sup>41</sup> utilizadas en esta directriz. La UN ODA mantiene un registro de la última versión/edición de las Directrices Técnicas Internacionales sobre Municiones y se puede revisar en la página web de las IATG: [www.un.org/disarmament/un-safeguard/](http://www.un.org/disarmament/un-safeguard/). Antes de iniciar sus programas de gestión de existencias de municiones convencionales, las autoridades nacionales, empleadores y otros organismos y entidades interesados deberán obtener las copias respectivas.

---

<sup>41</sup> En los casos en que los derechos de autor lo permitan.

## **Anexo C** **(Informativas)** **Efectos generales de las explosiones**

### **C.1 Generalidades**

Una explosión es una liberación repentina de energía causada por una reacción química muy rápida que convierte un sólido o líquido en calor y gas. Esta reacción ocurre en menos de un milisegundo. En el proceso de convertir un sólido o líquido en un gas, se produce la expansión, de modo que, en el caso de una explosión, el gas en expansión se produce a un ritmo extremadamente rápido y empuja el aire circundante hacia afuera, creando así una onda de presión, conocida como la Onda Expansiva.

Cuando se produce una explosión a nivel del suelo, se generan varios efectos que causan daños y lesiones. El alcance de estos efectos dependerá en general de la potencia, calidad y cantidad de los explosivos utilizados.

Los seis efectos básicos son:

- a) radiación térmica;
- b) capacidad rompedora o efecto demoledor;
- c) fragmentos primarios;
- d) onda expansiva;
- e) impacto en el terreno; y
- f) fragmentos secundarios.

Las siguientes secciones resumen cada uno de estos efectos:

### **C.2 Efectos térmicos**

Los efectos térmicos pueden considerarse como una 'bola de fuego' creada como parte del proceso explosivo. Se producen en un entorno muy cercano al punto donde se originó la explosión y tienen una duración muy corta (unos pocos milisegundos).

Los efectos térmicos son particularmente peligrosos para las personas que se encuentran muy cerca de la explosión (por ejemplo, cuando se refugian en una estructura templada), ya que el calor puede penetrar las pequeñas aberturas en una estructura. Para aquellas que se encuentran a un espacio abierto, los efectos de la onda expansiva y la fragmentación tienen un mayor alcance para infligir daño.

### **C.3 Capacidad rompedora (brisance)**

La capacidad rompedora es el efecto demoledor, se produce en un entorno muy cercano al punto donde se originó la explosión y está asociada generalmente con altos explosivos. El efecto de la capacidad rompedora puede ser severo cuando un dispositivo explosivo se coloca directamente en contacto con un componente estructural. Un pequeño espacio de aire entre el explosivo y el objetivo es efectivo para mitigar la aparición de fallas inducidas por la capacidad rompedora.

### **C.4 Fragmentos primarios**

Son los fragmentos del dispositivo o del contenedor del dispositivo, que han sido demolidos por el efecto de la capacidad rompedora y son propulsados a una alta velocidad y a grandes distancias. Los fragmentos primarios pueden viajar por delante de la onda expansiva y tienen el potencial de causar lesiones en un rango mayor que la onda expansiva.

### **C.5 Onda expansiva**

La onda expansiva es una onda de alta presión en movimiento muy rápida creada por el gas de la explosión que se expande rápidamente y que disminuye gradualmente con la distancia. La onda expansiva es capaz de reflejarse en las superficies y, en el proceso, puede magnificarse. Esto generalmente se manifiesta cuando se detonan dispositivos de gran tamaño en entornos urbanos y la explosión se ‘canaliza’ por calles estrechas.

La onda expansiva tiene el potencial de causar muertes y lesiones graves, inclusive daños en los pulmones y órganos, ruptura de los tímpanos y similares. También puede causar lesiones debido al traslado (o lanzamiento) del cuerpo de las personas.

### **C.6 Impacto en el terreno**

El impacto en el terreno se produce por el efecto de la capacidad rompedora como consecuencia de la explosión que demuele el terreno cercano al punto donde se originó dicha explosión, es decir, se crea el cráter de la explosión. La onda expansiva que resulta de la creación del cráter continúa a través del terreno y se conoce como impacto en el terreno.

El impacto en el terreno tiene el potencial de causar daños a los servicios subterráneos (por ejemplo, el servicio de agua, electricidad, etc.), así como a las estructuras subterráneas. No es raro que se produzcan inundaciones después de un ataque con coche bomba, a causa de la ruptura de la red de suministro de agua.

### **C.7 Fragmentos secundarios**

Son los fragmentos que han sido producidos por la onda expansiva que imparte presión sobre materiales friables que no pueden resistir esta presión o artículos sueltos. La energía impartida a los fragmentos producidos por la voladura puede ser tal que consiga arrojarlos a largas distancias y a una gran velocidad. Los materiales friables típicos que forman fragmentos secundarios son el vidrio, las tejas de techo, la madera, los marcos metálicos y similares.

Debido a la resistencia moderada del cuerpo humano a los efectos de la ‘onda expansiva’, es probable que los fragmentos secundarios causen lesiones a una distancia mayor que la onda expansiva. La formación de fragmentos secundarios puede causar muertes y lesiones graves.

### **C.8 Efectos del confinamiento**

La detonación de un explosivo dentro de un edificio es más grave que en un entorno abierto. Esto se debe a que la onda expansiva puede experimentar reflejos (de paredes, pisos, etc.), lo cual conlleva a un aumento en la amplitud y la duración de la presión por explosión. Esto aumenta la gravedad del daño tanto a los elementos estructurales como a los seres humanos.

En el caso de explosiones internas dentro de habitaciones compactas, es posible que ocurran efectos aún más severos producto del confinamiento. Esto se debe al confinamiento de los gases extremadamente calientes producidos por la detonación. Al suprimir la expansión de los gases, se aplican presiones/fuerzas muy altas al recinto de la habitación. Cuanto más pequeña es la habitación, mayor es la presión resultante.

## Anexo D (Informativas)

### Ejemplo de metodología de la valoración cualitativa de riesgos (NIVEL 1 y 2)

#### SECCIÓN A - HOJA DE RESUMEN DE LA EVALUACIÓN GENERAL DE RIESGOS<sup>42</sup>

Complete esta hoja una vez que se hayan utilizado las Secciones B a D para realizar la Valoración de Riesgos. Esta hoja luego sirve como resumen de portada y registro de revisiones.

<b>EVALUACIÓN N.º:</b>	IATG Ejemplo 1	<b>LUGAR DONDE SE REALIZA LA TAREA:</b>	APB 1	<b>FECHA:</b>	25 de agosto de 2009
<b>DESCRIPCIÓN DE LA TAREA:</b>	Extracción de espoletas de los obuses de artillería de 152 mm mediante una herramienta remota de extracción hidráulica de espoleta.				

# <sup>43</sup>	RIESGOS RESIDUALES IDENTIFICADOS	ACCIONES NECESARIAS PARA LA SUBSANACIÓN (ADICIONALES A LAS ACTUALES MEDIDAS DE CONTROL)
1	Falla del sistema de presión hidráulica para el sistema remoto de extracción de espoleta, que tiene como consecuencia la ruptura de mangueras.	▪ <b>Implemente protecciones para tuberías hidráulicas</b>
2	Electricidad estática presente en personas que trabajan en el APB iniciando dispositivos electro-explosivos o polvos explosivos al descubierto.	▪ <b>Recurra a las medidas de control relacionadas con el riesgo #5.</b>
3	Lesiones debido al levantamiento de paquetes de obuses de artillería de 152 mm y de obuses individuales desde su embalaje.	▪ <b>Considere la instalación de dispositivos mecánicos de elevación.</b>

<sup>42</sup> Se ha completado la evaluación de riesgos para un equipo de 4 personas que extrae las espoletas de los obuses de artillería en un edificio de procesamiento de municiones.

<sup>43</sup> De la Sección C.



#43	RIESGOS RESIDUALES IDENTIFICADOS	ACCIONES NECESARIAS PARA LA SUBSANACIÓN (ADICIONALES A LAS ACTUALES MEDIDAS DE CONTROL)
8**	Iniciación accidental del obús al extraer las espoletas, debido a la cristalización del relleno explosivo de TNT en la rosca.	▪ Tome acciones como las que se muestran para los riesgos #6 y #7.

## SECCIÓN B - HOJA DE RESUMEN DE LA VALORACIÓN GENERAL DE RIESGOS

Use esta sección para identificar los Peligros y Subpeligros. En la Sección C de la valoración, detalle los peligros aquí identificados.

PELIGROS	MECÁNICOS		ELÉCTRICOS		ACCESO Y MEDIO AMBIENTE		MANIPULACIÓN, ELEVACIÓN Y TRANSPORTE		EXPLOSIVOS Y SUSTANCIAS PELIGROSAS		RUIDO Y VOLADURA		RADIACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	
SUBPELIGROS	Abrasión		Estático	2	Resbalones, desplazamientos, etc.		Manipulación manual	3	Primarios		Lanzamiento		RF	
	Corte		Piezoeléctrico		Caída de objetos, etc.		Equipos mecánicos		Secundarios	5	Impacto		Radar	
	Cizallamiento		Ignición por chispa		Altura		Aparejo		Propulsores		Iniciación estática		Ionizante	
	Perforación		Conexiones		Zanjas		Objetos pesados		Pirotécnicos		Onda expansiva	6	No ionizante	
	Impacto				Espacio confinado		Transporte de explosivos	4	Fósforos blancos		Fragmentación	7	Láser CI 1	
	Trituración				Áreas expuestas		Transporte de mercancías peligrosas		Químicos		Transferencia de choques		Láser CI 2	
	Sistema de presión	1			Ruido				Lacrimógenos				Láser CI 3A	
	Herramientas mecánicas				Vibración				Tóxicos				Láser CI 3B	
	Cavitación				Humedad				Corrosivos				Láser CI4	

	Gránulos de material abrasivo			Temperatura				Irritantes				
				Clima				Pinturas y solventes				
								Polvos				
								Vapores				

A continuación, utilice la Sección C para desarrollar los peligros identificados, evaluar las medidas de protección existentes y “calificar” el riesgo.

## HOJA DE RESUMEN DE LA VALORACIÓN GENERAL DE RIESGOS - SECCIÓN C

Utilice esta Sección para registrar con mayor detalle los peligros identificados en la Sección B y evaluar las medidas de control existentes, si las hubiere. Luego, utilizando la Sección D como guía, valore el riesgo y califíquelo.

En esta sección, registre las calificaciones e identifique los Riesgos Residuales.

<b>EVALUACIÓN N.º:</b>	IATG Ejemplo 1	<b>LUGAR DONDE SE REALIZA LA TAREA:</b>	APB 1	<b>FECHA:</b>	25 de agosto de 2009
<b>DESCRIPCIÓN DE LA TAREA:</b>	Extracción de espoletas de los obuses de artillería de 152 mm mediante una herramienta remota de extracción hidráulica de espoleta.				

# <sup>44</sup>	MÁS DETALLES SOBRE EL PELIGRO IDENTIFICADO EN LA SECCIÓN B g)	MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES	ÍNDICE DE RIESGO	RIESGO RESIDUAL
1	Falla del sistema de presión hidráulica para el sistema remoto de extracción de espoleta, que tiene como consecuencia la ruptura de mangueras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacitación inicial y de actualización efectiva del personal.</li> <li>▪ Supervisión por parte del personal especializado en municiones.</li> <li>▪ Mantenimiento regular de los sistemas hidráulicos.</li> </ul>	<b>120</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muy alto</li> <li>▪ Tomar acción inmediatamente</li> </ul>
2	Electricidad estática presente en personas que trabajan en el APB iniciando dispositivos electro-explosivos o polvos explosivos al descubierto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso de un sistema de descarga estática en el acceso al APB.</li> <li>▪ Uso de cables de descarga estática en las muñecas del personal.</li> </ul>	<b>45</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alto</li> <li>▪ Tomar acción lo antes posible</li> </ul>

<sup>44</sup> De la Sección B.

#44	MÁS DETALLES SOBRE EL PELIGRO IDENTIFICADO EN LA SECCIÓN B g)	MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES	ÍNDICE DE RIESGO	RIESGO RESIDUAL
3	Lesiones debido al levantamiento de paquetes de obuses de artillería de 152 mm y de obuses individuales desde su embalaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Garantizar que el personal esté capacitado en técnicas de levantamiento manual.</li> </ul>	60	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Alto</li> <li>▪Tomar acción lo antes posible</li> </ul>
4	Explosión durante el traslado de explosivos desde el almacén de explosivos (ESH) hasta el edificio de procesamiento de municiones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De acuerdo con la IATG 08.10</li> </ul>	0.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Aceptable</li> <li>▪Aceptar el riesgo y mantenerlo bajo revisión</li> </ul>
5	Exposición de explosivos al descubierto a la atmósfera al extraer las espoletas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Condiciones operativas de categoría C instauradas en el lugar.</li> <li>▪ Los obuses se bloquean inmediatamente después de extraer la espoleta.</li> </ul>	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Aceptable</li> <li>▪Aceptar el riesgo y mantenerlo bajo revisión</li> </ul>
6	Iniciación accidental del obús al extraer las espoletas, debido a la cristalización del relleno explosivo de TNT en la rosca.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso del sistema remoto de extracción de espoletas hidráulicas.</li> <li>▪ La rosca de los obuses se limpia con acetona para garantizar que ningún explosivo quede atrapado cuando se coloquen los tapones.</li> <li>▪ Se impuso un límite de 4 personas parte del personal dentro del APB. El trabajo se suspende si se supera este límite.</li> </ul>	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Aceptable</li> <li>▪Aceptar el riesgo y mantenerlo bajo revisión</li> </ul>

#44	MÁS DETALLES SOBRE EL PELIGRO IDENTIFICADO EN LA SECCIÓN B g)	MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES	ÍNDICE DE RIESGO	RIESGO RESIDUAL
7	Fragmentación a partir del cuerpo del obús al producirse uno de los 6 eventos anteriores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso del sistema remoto de extracción de espoletas hidráulicas.</li> <li>▪ Sistema remoto de extracción de espoleta detrás de pantallas blindadas.</li> <li>▪ Se impuso un límite de 4 personas parte del personal dentro del APB. El trabajo se suspende si se supera este límite.</li> </ul>	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aceptable</li> <li>▪ Aceptar el riesgo y mantenerlo bajo revisión</li> </ul>
8**45	Iniciación accidental del obús al extraer las espoletas, debido a la cristalización del relleno explosivo de TNT en la rosca.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ninguna.</li> </ul>	150	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muy alto</li> <li>▪ Tomar acción inmediatamente</li> </ul>

A continuación, complete la Sección A - Hoja de Resumen de la Evaluación de Riesgos, transfiriendo los Riesgos Residuales e identificando las acciones correctivas apropiadas.

<sup>45</sup> Se ha incluido para mostrar la diferencia en cuanto al riesgo cuando NO se adoptan medidas de control.

## EVALUACIÓN GENERAL DE RIESGOS - TABLAS DE CALIFICACIÓN DE RIESGOS - SECCIÓN D

Use esta sección para identificar los Peligros y Subpeligros. En la Sección C de la valoración, detalle los peligros aquí identificados.

Utilice esta sección para valorar los Riesgos y calcular una Calificación para cada Riesgo. Las calificaciones se deben anotar según corresponda en la Sección C.

<b>EVALUACIÓN N.º:</b>	IATG Ejemplo 1	<b>LUGAR DONDE SE REALIZA LA TAREA:</b>	APB 1	<b>FECHA:</b>	25 de agosto de 2009
<b>DESCRIPCIÓN DE LA TAREA:</b>	Extracción de espoletas de los obuses de artillería de 152 mm mediante una herramienta remota de extracción hidráulica de espoleta.				

N.º DE PELIGRO A PARTIR DE LA SECCIÓN C h) i) j)	PROBABILIDAD DE EXPOSICIÓN 'E'	FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN 'F'	PÉRDIDA MÁXIMA 'L'	PERSONAS EN RIESGO 'N'	CALIFICACIÓN DE RIESGO E x F x L x N	TABLAS DE PUNTUACIÓN							
						'E'		'F'		'L'		'N'	
1	15	4	2	1	120	Imposible	0.0	Poco frecuente	0.1	Muerte	15.0	1 - 2 Personas	1
2	15	2.5	0	1	45	Casi Imposible	0.1	Anualmente	0.2	Lesiones graves permanentes	8.0	3 - 7 Personas	2
3	15	4	1	1	60			Mensualmente	1.0			8 - 15 Personas	4
4	2	0.1	15	1	0.3	Altamente Improbable	0.5	Semanalmente	1.5	Lesiones graves temporales	4.0	16 - 50 Personas	8
5	15	4	0	1	0			Diario	2.5			> 50 Personas	12
6	2	0.1	0	1	0	Improbable	1.0	Cada hora	4.0	Ruptura de huesos importantes o enfermedades graves k) l)	2.0		
7	2	0.1	0	1	0	Posible	2.0	Constantemente	5.0				
8**	2	5	15	1	150	Cincuenta por ciento de probabilidad	5.0						
						Probable	8.0			Laceraciones o	1.0		

						Muy probable	10.0			enfermedad leve			
						Seguro	15.0			Rasguños o moretones	0.5		

CALIFICACIÓN DE RIESGO	RIESGO	PROGRAMA DE ACCIÓN	CALIFICACIÓN DE RIESGO	RIESGO	PROGRAMA DE ACCIÓN
0 - 0.9	Aceptable	Aceptar el riesgo, pero mantenerlo bajo revisión	50 - 100	Alto	Tomar acción lo antes posible
1.0 - 4.9	Muy bajo	Considerar la acción y establecer un programa para llevarla a cabo	100 - 200	Muy alto	Tomar acción inmediatamente
5.0 - 9.9	Bajo	Considerar la acción y establecer un programa para llevarla a cabo	200 - 300	Extremo	Considerar detener la actividad: acción inmediata
10.0 - 49.9	Significativo	Considerar la acción y subsanar lo antes posible	300 +	Inaceptable	Detener la actividad

*Tenga en cuenta las medidas de control existentes al valorar estos valores.*

*A continuación, complete la Hoja de Resumen en la Sección C y Sección A, y asegúrese de que las personas correspondientes firmen la evaluación.*



## Anexo E (Informativas)

### Metodología del Análisis de Consecuencias de una Explosión (NIVEL 2)

La metodología del ECA que figura en la Tabla E.1 constituye solo un concepto y un ejemplo de cómo pudiera llevarse a cabo un ECA. Esta metodología se basa en el modelo de un solo almacén de explosivos (ESH), y considera únicamente las consecuencias para la población civil local; un modelo más detallado debiera examinar también la posible pérdida de la capacidad operativa. El ECA para un depósito de municiones completo será mucho más complejo, pero deben aplicarse los mismos principios que se emplea en la Tabla E.1.

Las fases del ECA se explican utilizando las relaciones terminológicas de la gestión de riesgos que se presentan la Tabla E.1. De este modo, un ECA es principalmente un proceso de evaluación de riesgos, ya que proporciona el análisis y la valoración técnicos y científicos que permiten que se tomen decisiones basadas en los riesgos. Un ECA no tiene como finalidad adoptar decisiones, aunque puede contener recomendaciones.

No debería exigirse un ECA si cumplieren los requisitos de la IATG 02.20 *Distancias de cantidad y de separación*.

Componente del proceso de evaluación de riesgos	Serie	Actividad para el ECA	Fuente de datos
Análisis de riesgos (Identificación y análisis de riesgos)	1	Determinar a qué División de Riesgos de las Naciones Unidas corresponden las municiones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IATG 01.50 <i>Sistema y Códigos de Clasificación de Riesgos de Explosivos de la ONU</i></li> </ul>
	2	Determinar la Cantidad Neta de Explosivos (NEQ) de las municiones según la División de Riesgos, en el ESH o el Área de Almacenamiento Temporal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> </ul>
	3	Agregar a la HD 1.1, si corresponde.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> </ul>
	4	Determinar el nivel de protección del ESH o del Sitio de Almacenamiento Temporal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IATG 02.20 <i>Distancias de cantidad y de separación</i>. (Tipo de ESH).</li> <li>▪ IATG 04.20 <i>Almacenamiento temporal</i>.</li> </ul>
	5	Determinar la distancia (m) hasta la carretera pública más cercana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Google Earth.</li> <li>▪ Planos o mapas del sitio.</li> <li>▪ Telémetro láser.</li> <li>▪ Cinta métrica.</li> <li>▪ Conteo al paso.</li> </ul>
	6	Determinar la distancia(m) hasta el edificio habitado más cercano (casa de uso civil)	
	7	Determinar la distancia (m) hasta el edificio vulnerable más cercano (hospital).	
	8	Determinar la distancia (m) hasta cualquier Peligro Secundario.	
	9	Determinar el estado de la munición y la probabilidad de ignición espontánea del propulsor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Histórico.</li> <li>▪ Resultados de la inspección.</li> </ul>
Análisis de riesgos (Estimación de riesgos)	10	Determinar los efectos físicos (sobrepresión reflejada e impulso reflejado) de distancia en cada uno de las Series 5 - 8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IATG 01.80, Punto 6.2. (usando el software de las IATG).</li> </ul>
	11	Estimar la distancia para los umbrales de impacto en los seres humanos (de <i>Bowen</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IATG 01.80, Punto 11.2</li> </ul>
	12	Determinar el número de seres humanos que probablemente estarían en campo abierto dentro de distancias en la Serie 11. <b>(Ahora se estiman las bajas humanas en campo abierto para conocer los efectos de la explosión).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> </ul>

Componente del proceso de evaluación de riesgos	Serie	Actividad para el ECA	Fuente de datos
	13	Para la NEQ en la Serie 2, determinar la distancia a los cuales se pudiera esperar que los edificios sufran varios niveles de daño.	▪ IATG 01.80, Punto 10.1
	14	Determinar el número de edificios dentro de cada distancia estimada en la Serie 13 según los criterios de determinación de daños. <b>(Ahora se estiman los daños a los edificios como consecuencia de la explosión).</b>	▪
	15	Para la NEQ en la Serie 2, estimar la distancia en la que es probable que el Impacto en el Terreno cause daños.	▪ IATG 01.80, Punto 10.3
	16	Determinar el número de edificios dentro de la distancia de choque de tierra - Comprobar que no estén dañados a causa de la explosión, a fin de evitar un 'doble recuento'. <b>(Ahora se estiman los daños a los edificios como consecuencia del Impacto en el Terreno).</b>	▪
	17	Aplicar los valores de probabilidad de lesiones secundarias por explosión, a los resultados en la Serie 14. <b>(Ahora se establece la probabilidad de lesiones secundarias por explosión para cada edificio).</b>	▪ IATG 01.80, Punto 11.3, Tabla 36
	18	Estimar los niveles de ocupación y las probabilidades de exposición de las casas en la Serie 16. Luego, estimar el número de bajas. <b>(Ahora se estiman las bajas humanas en campo abierto para conocer los efectos de la explosión).</b>	▪
	19	Estimar el valor financiero de las existencias, los costos de reconstrucción/repación de la infraestructura de almacenamiento, reparación/reconstrucción de los edificios de uso civil dañados.	▪
Evaluación de riesgos y ALARP	20	Utilizar los datos de la Serie 19 en el modelo EMV para estimar las consecuencias financieras probables de un evento explosivo.	▪ Punto 15.1
	21	Comparar los accidentes estimados en las Series 12 y 18 con otros niveles de accidentes laborales. ¿Son tolerables las bajas previstas?	▪
	22	¿Son las consecuencias comerciales en la Serie 20 aceptables para el gobierno? Si la respuesta es negativa, ¿está entonces el MOD preparado para aceptar los niveles de existencias más bajos? Si la respuesta a ambas preguntas es afirmativa, entonces el riesgo es tolerable. Si la respuesta a ambas preguntas o a una de ellas es negativa, entonces el riesgo no es tolerable.	▪

**Anexo F**  
**(Informativas)**  
**Software de gestión de riesgos o de las IATG**

Véase el kit de herramientas de soporte para la implementación de las IATG.  
[www.un.org/disarmament/un-safeguard/](http://www.un.org/disarmament/un-safeguard/).

## **Anexo G** **(Informativas)**

### **Formato para expediente de seguridad frente a explosiones (ESC)** **(NIVEL 2)**

#### **1. Introducción**

Incluya una explicación sobre la zona de almacenamiento de explosivos y resuma la razón por la que no es posible el pleno cumplimiento de las IATG. Esto debiera incluir la ubicación, el tipo de infraestructura, el número total de personas en el sitio o en el área inmediata del sitio.

#### **2. Análisis de consecuencias de una explosión (ECA)**

Incluya el ECA de conformidad con el Anexo E de la IATG 02.10.

#### **3. Resumen de incumplimiento**

Enumere todos los casos de incumplimiento en relación con las IATG y los Puntos correspondientes. Por ejemplo:

La Cantidad-Distancia Externa (OQD) máxima que pudiera alcanzarse es de solo de 220 m. Esto es 120 m menos que la OQD recomendada en la IATG 04.10, Punto 8.5.2, Tabla 11.

#### **4. Resumen de las medidas de mitigación de riesgos**

Enumere todas las medidas de mitigación de riesgos aplicadas con la finalidad de reducir los riesgos. Estas debieran mencionarse en relación con cada área de incumplimiento.

#### **5. Riesgos residuales**

Enumere el riesgo residual de cada caso de incumplimiento. Por ejemplo:

Los niveles de almacenamiento requeridos de 35,000 kg de HD1.1 significan que, en el caso de un explosivo indeseado, la sobrepresión por explosión reflejada a 220 m será de 41.8 kPa. Esto excede el nivel de 34.5 kPa en el que se prevé daño auditivo permanente (249 m). Rutinariamente, hay 40 personas que trabajan dentro de la zona de 220 m a 249 m, las cuales resultarían afectadas de manera adversa al sufrir daños auditivos permanentes.

#### **6. Probabilidad de un evento**

El compilador del ESC debiera intentar determinar la posibilidad (probabilidad) de un evento en el sitio. Para ello, pudiera basarse en los datos históricos pasados dentro del país y en el entorno de protección que existiese en el momento en que se ejecute el ESC. Alternativamente, pudiera realizarse una estimación de los eventos explosivos pasados a nivel mundial en áreas de almacenamiento para municiones (datos en la IATG 02.10, Punto 8.2.1.1).

## 7. Aceptación del riesgo

(IATG 02.10, Punto 11), (IATG 04.10, Punto 5,2)

El ESC y el riesgo residual identificados deberán ser reconocidos formalmente por el titular del riesgo. Incluya aquí los datos completos del titular del riesgo.

La redacción de la 'carta de aceptación de riesgo' es extremadamente importante y el compilador del ESC debiera proporcionar un modelo en forma de Anexo al ESC. Debido a la gran cantidad de posibles escenarios y variables, no es posible proporcionar un ejemplo del modelo de carta de aceptación de riesgo.

<b>Nombre del compilador del ESC:</b>	m)	<b>Firma del compilador del ESC:</b>	n)
<b>Competencias del compilador del ESC:</b>	o)	<b>Fecha del ESC:</b>	
<b>Organización del compilador del ECA:</b>	p)		
<b>Datos de contacto del compilador del ECA:</b>	q)		

### Anexos

- A. Mapa de seguridad (que indique las zonas de riesgos).
- B. Plan del sitio.
- C. Modelo de licencia límite de explosivos (de la IATG 02.30).
- D. Modelo de carta de aceptación de riesgo

## Anexo H (Informativas) Estimación del valor monetario previsto **(NIVEL 2)**

A continuación, se muestra un ejemplo del uso de cifras indicativas del EMV para un depósito real de municiones en el que se produjo una explosión provocada por un incendio; además, considera el escenario de un Incendio de Gran Magnitud/Explosión Masiva, el cual se muestra en las Tablas 5 y 6. Este evento, que tuvo lugar en abril de 2000, causó 2 muertes, 10 heridos y la pérdida de USD 90 millones de existencias de municiones.

Para fines del análisis se presumen como datos iniciales del EMV los siguientes.

- a) Estos datos proporcionarán costos indicativos. La probabilidad de un evento explosivo  $P_e$  (Eventos por Año) en el depósito de municiones era  $2.78 \times 10^{-2}$ . (Punto 8.2.1), por una gestión inadecuada de las existencias de municiones;
- b) La probabilidad de que dicho evento explosivo haya sido producto de un incendio =  $0.455$ ;<sup>46</sup>
- c) Se presume que la probabilidad de un evento explosivo  $P_e$  (Eventos por Año) en el depósito de municiones, una vez establecidos los procesos de gestión de existencias efectivos, es de dos órdenes de magnitud menor, ej.  $2.78 \times 10^{-4}$ ;
- d) La probabilidad de que ese evento explosivo haya sido causado por un incendio se mantiene en  $0,455$ , ya que no hay evidencia disponible que sugiera que las causas de tales eventos cambiarán esta probabilidad;
- e) Los costos financieros en el Año 1 para reducir la probabilidad de que el evento ocurra se han estimado en USD 200,000. Esto se reduce a USD 50,000 desde el segundo año en adelante. (Evidentemente, esta cifra debe estimarse según cada caso);
- f) El costo financiero anual para la operación del depósito sin que se hayan tomado medidas para reducir la probabilidad de un evento fue de USD 5,000;
- g) La pérdida declarada de las existencias de municiones, que deberán ser repuestas, equivale a USD 90 millones si no se adoptan medidas correctivas;
- h) La pérdida prevista de las existencias de municiones, que habrían requerido su reposición, equivale a USD 1 millón si se hubieran tomado medidas correctivas antes del evento. (En tanto las medidas correctivas protegían otras existencias en el depósito);
- i) Se presume que el costo de indemnización en el Año 1 por cada muerte ocurrida es de USD 10,000. (Este monto es bajo, pero se debe a la explosión que tiene lugar en un país menos desarrollado);
- j) Se presume que el costo de indemnización en el Año 1 por cada daño ocurrido es de USD 5,000;
- k) No hay costos de indemnización para el Año 2, ya que se presume que la acción correctiva es efectiva, incluso si se produjera un evento explosivo.

En este ejemplo, dado que las medidas correctivas requerirían un costo financiero 'extraordinario' para la mejora de la infraestructura del depósito de municiones y la capacitación del personal técnico, se requieren dos cálculos: Año 1 y Año 2. Estos se muestran en las Tablas G.1 y G.2.

---

<sup>46</sup> A partir de los datos contenidos en *The Threat from Explosive Events in Ammunition Storage Areas* (La Amenaza a partir de Eventos Explosivos en Áreas de Almacenamiento para Municiones). Anexo B. 1 de abril de 2009. Incluye incendios iniciados debido a la inestabilidad del propulsor, así como incendios externos e internos.

Medidas correctivas	Costos financieros (US\$)		EMV (US\$)
	El escenario del incidente no se produce	El escenario del incidente se produce	
Adoptadas (Depósito de almacenamiento mejorado y operado de acuerdo con las recomendaciones de las IATG) (Pérdida de existencias minimizada a USD 100,000)	\$ 200,000	\$ 300,000	\$ 201,265
No adoptadas (Pérdida de existencias de USD 90 millones y costos de indemnización de USD 100 mil)	\$ 5,000	\$ 90,080,000	\$1,144,359
<b>Diferencial del EMV</b>			<b>\$943,094</b>

**Tabla G.1: Valores indicativos del EMV (USD) con base en el evento explosivo de abril de 2002 (Año 1)**

Por lo tanto, para el Año 1 de este escenario de incidente, habría un beneficio de EMV de USD 943,094 si se gastaran USD 200,000 en medidas correctivas para reducir la probabilidad de un evento explosivo causado por un incendio dentro de un depósito de municiones. Como el EMV de no tomar ninguna medida es de USD 1,144,359, entonces la inversión financiera en capacitación e infraestructura necesarias para cumplir con las disposiciones de la IATG durante el Año 1 podría justificarse hasta un nivel de efectivo de USD 1,155,175<sup>47</sup> únicamente respecto al beneficio financiero del EMV.

En el supuesto de que las medidas correctivas para la infraestructura y capacitación se adoptaran en el Año 1, los costos operativos del depósito de municiones disminuirían significativamente a partir del Año 2, hasta que se requieran trabajos importantes de mantenimiento o renovación (normalmente después de 20 años). En la Tabla G.2, la probabilidad de un evento es dos órdenes de magnitud menor que en la Tabla 1, pero los niveles de pérdida de existencias continúan siendo los mismos en el caso de que ocurra un evento.

Medidas correctivas	Costos financieros (US\$)		EMV (US\$)
	El escenario del incidente no se produce	El escenario del incidente se produce	
Adoptadas (Depósito de almacenamiento mejorado y operado de acuerdo con las recomendaciones de las IATG) (Pérdida de existencias minimizada a USD 100,000)	\$ 50,000	\$ 1,000,000	\$ 50,120

<sup>47</sup> Esta cifra se consigue al utilizar la hoja de cálculo comprendida en el software de las IATG. El ingreso de datos para los Costos Financieros (El escenario del incidente no se produce/Medidas correctivas adoptadas) se ajusta hasta el balance del EMV entre las Medidas Adoptadas y las Medidas No Adoptadas.

Medidas correctivas	Costos financieros (US\$)		EMV (US\$)
	El escenario del incidente no se produce	El escenario del incidente se produce	
No adoptadas (en los años 1 y 2) (Pérdida de existencias de USD 90 millones y costos de indemnización de USD 100 mil)	\$ 5,000	\$ 90,080,000	\$1,144,359 <sup>48</sup>
<b>Diferencial del EMV</b>			<b>\$1,094,239</b>

**Tabla G.2: Valores indicativos del EMV (USD) por año con base en el evento explosivo de abril de 2002 (Años 2 - 20)**

Por lo tanto, para los Años 2 a 20 de este escenario de incidente, habría un beneficio de EMV de USD 1,094,239 por año si se gastaran USD 50,000 en medidas correctivas para reducir la probabilidad de un evento explosivo causado por un incendio dentro de un depósito de municiones. Dado que el EMV de no adoptar ninguna medida es de USD 1,144,359, entonces la inversión teóricamente financiera en capacitaciones e infraestructura necesarias para cumplir con las normas de la IATG durante los Años 2 a 20 podría justificarse hasta un nivel de efectivo de USD 1,144,378 únicamente respecto al beneficio financiero del EMV.

Este ejemplo ilustra la utilidad del sistema del EMV al comparar los requisitos financieros necesarios para cumplir con la IATG respecto a los costos financieros reales de un evento explosivo dentro de un depósito de municiones. El análisis del EMV debiera efectuarse para cada tipo genérico de escenario que pudiera provocar un evento explosivo, en comparación con los costos financieros de las medidas correctivas necesarias para reducir la probabilidad y las consecuencias de dicho evento a niveles de riesgo tolerable (para los costos financieros, los costos de la reducción de la capacidad de defensa y los costos humanos y políticos).

<sup>48</sup> La probabilidad de este EMV permanece en  $1.11 \times 10^{-2}$ , ya que no se adoptaron medidas correctivas en los Años 1 y 2.



