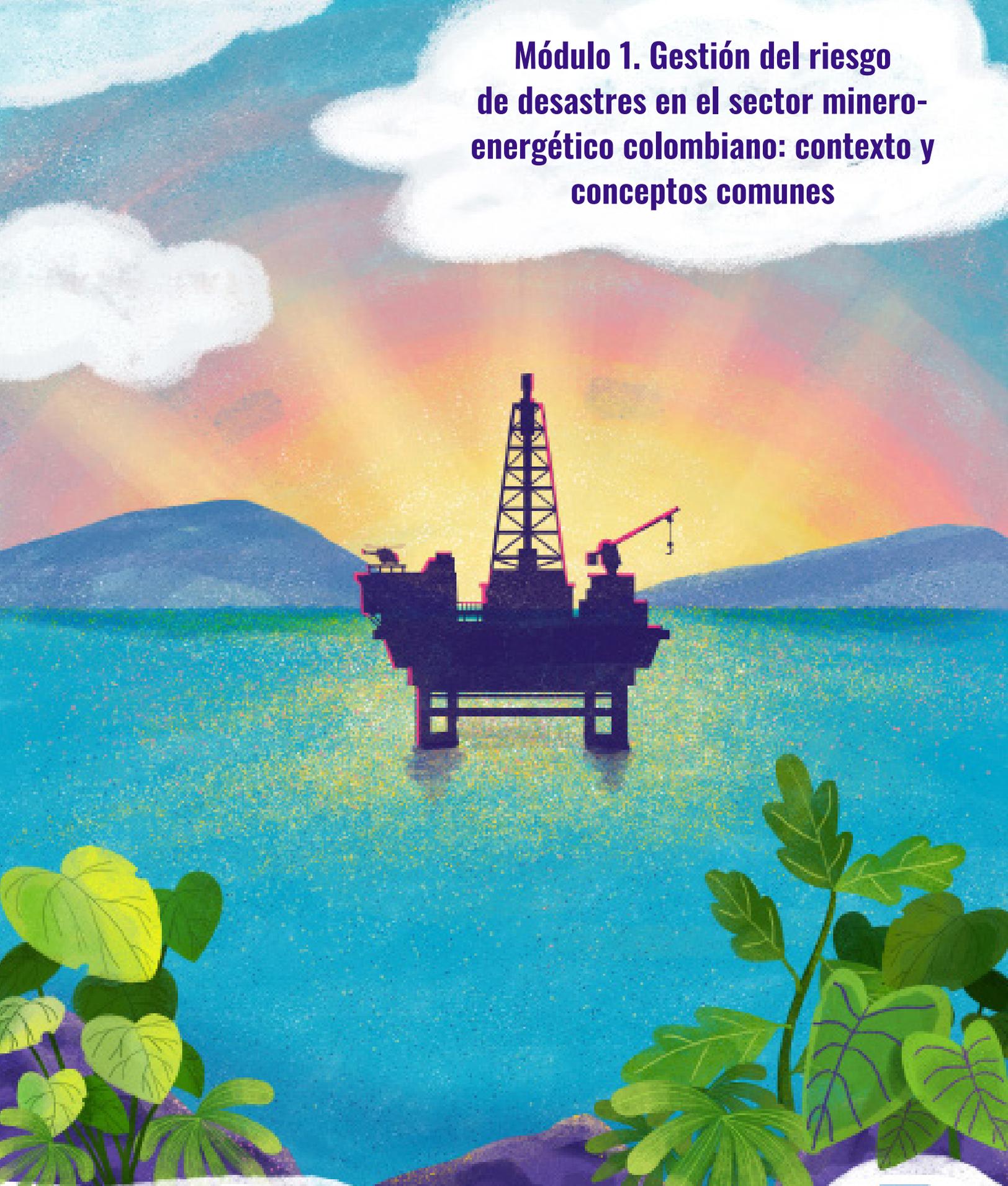


# Módulo 1. Gestión del riesgo de desastres en el sector minero-energético colombiano: contexto y conceptos comunes



# Módulo 1. Gestión del riesgo de desastres en el sector minero-energético colombiano: contexto y conceptos comunes

Derechos Reservados © 2021  
Ministerio de Minas y Energía  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Documento de trabajo realizado en el marco del curso Gestión del riesgo de desastres en el sector minero-energético, escrito por Gustavo Carrión, en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Colombia, con el apoyo de InnovaHub Colombia S.A.S.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Ministerio de Minas y Energía y el PNUD.

Las opiniones expresadas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de los autores y no representan necesariamente la posición oficial de las entidades aliadas al Convenio Política de Gestión de Riesgo de Desastres del Sector Minero Energético

## COORDINACIÓN GENERAL

### Ministerio de Minas y Energía

María Paula Moreno Torres  
Jefe de la Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales

### Equipo editorial:

Andrés Mauricio Vidal Rodríguez  
Flor Sofía Roa Lozano  
Elsa Lorena Sánchez Gómez  
Karen Yiced González García  
Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales

### PNUD Colombia

Jimena Puyana  
Gerente Nacional de Desarrollo Sostenible

## Equipo editorial:

Jairo Bárcenas

María Camila Suárez Paba

Rafael Amaya Gómez

Clara Inés Álvarez Poveda

Área de Desarrollo Sostenible, Proyecto Gestión del Riesgo de Desastres

**Gustavo Adolfo Carrión Barrero**

Autoría

## Adaptación pedagógica y tecnológica

Jessica Pérez

Tatiana Ramírez

Oscar Rodríguez

Wilmer Castañeda

David Yomayusa

Érika Ramírez

Aura Romualdo

InnovaHub Colombia S.A.S.

## Diseño gráfico e ilustraciones

Rafaela López Bravo

Álvaro Martínez

InnovaHub Colombia S.A.S.

Primera edición, mayo de 2021.

## **Módulo 1. Gestión del riesgo de desastres en el sector minero-energético colombiano:**

**¿Qué sabe el sector sobre el contexto de riesgos en el que se desempeña? ¿Qué tanta claridad conceptual se tiene?**



# CONTENIDO

---

<b>OBJETIVO DEL MÓDULO</b> .....	3
<b>GLOSARIO</b> .....	3
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>1. ¿Cuáles son las principales bases conceptuales para la gestión del riesgo de desastres dentro del sector minero-energético</b> .....	9
<b>1.1. Riesgo y riesgo de desastres</b> .....	10
<b>1.2. Peligro, amenazas y tipos de amenazas</b> .....	11
<b>1.3. Vulnerabilidad, consecuencias y elementos expuestos</b> .....	14
<b>1.4. Desastre, incidente y accidente</b> .....	17
<b>2. ¿Qué riesgos internos y externos derivan del sector minero-energético?</b> .....	21
<b>2.1. Riesgo del entorno y riesgo generado por el sector o actividad</b> .....	21
<b>2.2. Seguridad industrial, seguridad de procesos y gestión del riesgo de desastres</b> .....	23
<b>2.3. Los procesos de la gestión del riesgo de desastres</b> .....	26
<b>3. ¿Qué conocimientos generales tenemos sobre algunos escenarios de riesgo de desastres en el sector minero energético, relacionados con amenazas naturales y riesgo tecnológico?</b> .....	30
<b>3.1. Amenazas de origen natural en actividades productivas que afectan al sector minero energético</b> .....	31
<b>3.2. El riesgo tecnológico y sus complejidades</b> .....	34
<b>3.3. El riesgo NATECH</b> .....	36
<b>4. ¿Qué métodos cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos asociados a la identificación de peligros y análisis de riesgos en el sector minero-energético conocemos?</b> .....	39

4.1. Análisis cualitativos .....	40
4.2. Análisis cuantitativos y semicuantitativos .....	42
<b>CONCLUSIONES DEL MÓDULO</b> .....	44
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>LISTA DE TABLAS</b>	
<b>Tabla 1.</b> Comparación de definición de riesgo y riesgo de desastres .....	11
<b>Tabla 2.</b> Impactos negativos generados sobre el sistema del sector minero energético, asociados al cambio climático .....	34
<b>Tabla 3.</b> Resumen de elementos relacionados con el riesgo tecnológico .....	35
<b>Tabla 4.</b> Diferencias del riesgo natech con otros accidentes industriales o desastres .....	37
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES</b>	
<b>Ilustración 1.</b> Ejemplo de relación entre peligro, amenaza e impacto .....	12
<b>Ilustración 2.</b> Relación entre amenaza, vulnerabilidad y riesgo .....	15
<b>Ilustración 3a.</b> Modelos de secuencialidad de un accidente .....	19
<b>Ilustración 3b.</b> Esquema del modelo de queso suizo .....	19
<b>Ilustración 4.</b> Riesgos externos sobre una actividad y actividades como generadoras de riesgos .....	22
<b>Ilustración 5a.</b> Idea de escala y jerarquización de incidentes, accidentes y desastres .....	24
<b>Ilustración 5b.</b> Escala INES para eventos nucleares .....	25
<b>Ilustración 5c.</b> Pirámides de seguridad .....	26
<b>Ilustración 6a.</b> Los procesos de la gestión de riesgos y de la gestión del riesgo de desastres .....	28
<b>Ilustración 6b.</b> Los procesos de gestión de riesgos de desastres .....	29
<b>Ilustración 7.</b> Matriz de evaluación de riesgos (Risk Assessment matriz -Ram) .....	41

# OBJETIVO DEL MÓDULO

---

Conocer conceptos básicos técnicos en gestión del riesgo de desastres en Colombia y entender las principales relaciones con los riesgos tecnológicos y Natech inherentes a los procesos y actividades del sector minero-energético.

Al final del módulo se espera que las personas participantes:

- a) Reconozcan, diferencien, apropien y articulen conceptos básicos relacionados con gestión del riesgo de desastre, y sus relaciones con riesgos tecnológicos propios del sector minero-energético colombiano.
  
- b) Tengan claridad sobre el doble rol del sector minero-energético en cuanto su vulnerabilidad ante amenazas de origen natural, tecnológico y antrópico, y respecto a los escenarios de riesgo que el sector genera en sus actividades productivas.

## GLOSARIO

---

El presente glosario incluye conceptos utilizados a lo largo de esta cartilla.

**Accidente tecnológico:** eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados por eventos antrópicos, naturales, socio-naturales y propios de la operación. Comprende fugas, derrames, incendios y explosiones asociados a la liberación súbita de sustancias y/o energías con características de peligrosidad. (UNGRD, 2017).

**Amenaza:** peligro latente de que un evento físico de origen natural, causado o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Ley 1523 de 2012).

**Amenaza Antrópica:** peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte, consumo de bienes y servicios, y, por último, en la construcción y uso de infraestructura. Comprenden una gama amplia de peligros como lo son las distintas formas de contaminación de aguas, aire y suelos, los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias tóxicas, los accidentes en los sistemas de transporte, la ruptura de presas de retención de agua, etc (Lavell, 2007). Dentro de las amenazas antrópicas estudiadas en gestión de riesgos de desastres se tienen aquellas de origen no intencional como las aglomeraciones de público o las asonadas. Dentro de las amenazas antrópicas intencionales se tienen, por ejemplo, los atentados terroristas, los sabotajes, el robo de información o

de activos y el vandalismo. Estas últimas son amenazas premeditadas “que, en términos generales, no hacen” parte del estudio de la gestión del riesgo de desastres, en tanto que se estudian desde el campo de las teorías y políticas de seguridad pública y de defensa.

**Amenaza Biológica:** son de origen orgánico o transportadas por vectores biológicos, incluyendo microorganismos patógenos, toxinas y sustancias bioactivas. Por ejemplo: las bacterias, virus o parásitos, así como animales e insectos venenosos, plantas venenosas y mosquitos portadores de agentes causantes de enfermedades (UNGRD, 2017).

**Amenaza de origen Natural:** peligro latente asociado con la posible manifestación de un fenómeno físico cuya génesis se encuentra totalmente en los procesos naturales de transformación y modificación de la tierra y el ambiente; por ejemplo: un terremoto, una erupción volcánica, un tsunami o un huracán y que puede resultar en la muerte o lesiones a seres vivos, daños materiales o interrupción de la actividad social y económica en general. Suelen clasificarse de acuerdo con sus orígenes terrestres, atmosféricos, o biológicos (en la biosfera) permitiendo identificar entre otras, amenazas geológicas, geomorfológicas, climatológicas, hidrometeorológicas, oceánicas y bióticas (Lavell, 2007).

**Amenaza socio-natural:** peligro latente asociado con la probable ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación o transformación ambiental y/o de intervención humana en los ecosistemas. Algunos ejemplos de estos pueden encontrarse en inundaciones y deslizamientos resultantes (de, o incrementados o influenciados en su intensidad) por procesos de deforestación y deterioro de cuencas, erosión costera por la destrucción de manglares e inundaciones urbanas por falta de adecuados sistemas de drenaje de aguas pluviales, entre otros. Las amenazas socio-naturales se crean en la intersección del ambiente natural con la acción humana y representan un proceso de conversión de recursos naturales en amenazas. Los cambios en el ambiente y las nuevas amenazas que se generan con el Cambio Climático Global son el ejemplo más extremo de la noción de amenaza socio-natural. Las amenazas socio-naturales mimetizan o asumen las mismas características que diversas amenazas naturales (Lavell, 2007).

**Amenaza Tecnológica:** amenaza relacionada con accidentes tecnológicos o industriales, procedimientos peligrosos, fallos de infraestructura o de ciertas actividades humanas, que pueden causar muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Ejemplos: incluyen la contaminación industrial, descargas nucleares y radioactividad, desechos tóxicos, ruptura de presas, explosiones e incendios (Lavell, 2007).

**Amenazas concatenadas o complejas:** la probable ocurrencia de una serie o secuencia de dos o más fenómenos físicos peligrosos donde uno desencadena el otro, sucesivamente como efecto dominó. Un ejemplo se encuentra en la forma en que un sismo puede causar la ruptura de presas y diques, generando inundaciones que rompen líneas de transmisión de productos volátiles o contaminantes con repercusiones directas en los seres humanos u otras especies de fauna o flora (Lavell, 2007).

**Análisis de riesgo:** proceso de comprender la naturaleza del riesgo para determinar el nivel, es la base para la evaluación de riesgos y las decisiones sobre las medidas de reducción del riesgo y preparación para la respuesta. Incluye la estimación del riesgo (ISO, 2011).

**Conocimiento del riesgo (de desastres):** entendido como el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes, y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y del manejo de desastre (Ley 1523 de 2012).

**Desastre:** es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales; causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Ley 1523 de 2012).

**Efecto dominó:** un conjunto correlativo de sucesos en los que las consecuencias de un accidente previo se ven incrementadas por éstos, tanto espacial como temporalmente, generando un accidente grave (W. H. Heinrich, 1931).

**Emergencia (en riesgo de desastres):** situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general (Ley 1523 de 2012).

**Escenario de riesgo:** son fragmentos o campos delimitados de las condiciones de riesgo del territorio presentes o futuras, que facilitan tanto la comprensión y priorización de los problemas como la formulación y ejecución de las acciones de intervención requeridas. Un escenario de riesgo se representa por medio de la caracterización y/o análisis de los factores de riesgo, sus causas, la relación entre las causas, los actores causales, el tipo y nivel de daños que se pueden presentar, la identificación de los principales factores que requieren intervención, así como las medidas posibles a aplicar y los actores públicos y privados que deben intervenir en la planeación, ejecución y control de las líneas de acción (UNGRD, 2017).

**Evaluación de riesgos:** proceso de comparación de los resultados de análisis de riesgos con criterios de riesgo para determinar si el riesgo y/o su magnitud es aceptable, el cual ayuda a la decisión sobre las medidas de reducción del riesgo a implementar (ISO/IEC, 2009).

**Evento:** se refiere a la presencia o cambio en un conjunto particular de circunstancias (ISO, 2011). Un evento puede ser el resultado de las consecuencias no deseadas sobre la operación, el personal, la comunidad y/o el medio ambiente. (ISO/IEC Guide 73:2009 (Event 3.5.1.3).

**Eventos Natech:** accidentes tecnológicos desencadenados por eventos de origen natural, que implican la liberación de materiales peligrosos. Se consideran eventos de alta consecuencia y baja probabilidad, que pueden generar afectaciones a gran escala (Cruz and Suarez, 2019., Showalter and Myers, 1994).

**Exposición (elementos expuestos):** se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza (Ley 1523 de 2012).

**Fuente de riesgo:** elemento que solo o en combinación tiene el potencial intrínseco de originar un riesgo (ISO, 2011).

**Gestión del riesgo de desastres:** proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Ley 1523 de 2012).

**Manejo de desastres:** es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación posdesastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación (Ley 1523 de 2012).

**Mitigación del riesgo:** medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente (Ley 1523 de 2012).

**Peligro:** es una propiedad intrínseca de una sustancia, unidad o proceso, la cual acarrea riesgo potencial a las personas, el medio ambiente, el proceso productivo, la comunidad e infraestructura (Universidad de los Andes - ECOPETROL, 2015).

**Riesgo:** efecto de la incertidumbre sobre el logro de los objetivos (ISO, 2011).

**Riesgo de Desastres:** corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad (Ley 1523 de 2012).

**Riesgo en seguridad de procesos:** medida de la pérdida económica y/o de los daños a la vida humana, el medio ambiente, el proceso productivo, la comunidad e imagen organizacional, resultante de la combinación entre la frecuencia de los acontecimientos y la magnitud de las pérdidas o daños (consecuencias), por escenario.

**Reducción del riesgo (de desastres):** es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase:

mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera (Ley 1523 de 2012).

**Riesgo Tecnológico:** daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados en sucesos antrópicos, naturales, socio-naturales y propios de la operación (UNGRD, Resolución 1770 de 2013).

**Seguridad de Procesos:** área de la ingeniería encargada de elaborar y aplicar herramientas, técnicas y tecnologías que permitan prevenir pérdidas y afectación al personal, la comunidad, propiedad y ambiente, asociadas a las fallas de diseño, mantenimiento u operación de los procesos productivos. Estas fallas ocasionan la liberación no controlada de sustancias peligrosas y energía (p.ej. térmica, mecánica) (Universidad de los Andes - ECOPEPETROL, 2015).

**Seguridad Industrial:** se refiere a las actividades de anticipación, reconocimiento, evaluación y control de peligros que surgen dentro o desde el lugar de trabajo, que puede perjudicar la salud y el bienestar de los trabajadores. (Muñoz, et al, 2015). Es un campo que se preocupa en prevenir y minimizar las pérdidas ayudando en la preservación y protección tanto de personas durante el desarrollo de sus actividades, como de otros bienes físicos en el lugar de trabajo. Se encarga principalmente de monitorear el lugar de trabajo y desarrolla recomendaciones.

**Tratamiento de riesgos:** proceso por el cual se busca modificar las consecuencias negativas del riesgo. El tratamiento del riesgo involucra la selección de una o más opciones para modificar los riesgos y la implementación de tales opciones. Una vez implementado, el tratamiento suministra controles o los modifica (ISO, 2011).

**Valoración de riesgos:** proceso global de identificación del riesgo, análisis del riesgo y evaluación del riesgo (ISO, 2011).

**Vulnerabilidad:** susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos (Ley 1523 de 2012).

# INTRODUCCIÓN

---

Los riesgos que traen las sociedades (post) industriales, son cada vez más complejos y sustancialmente diversos de aquellos de la antigüedad, poniéndose en evidencia la presencia de riesgos que van más allá de las amenazas de origen natural conocidas hasta ahora.

En ese sentido, los riesgos son asuntos reales para las personas, bienes e infraestructura, y el medio ambiente, debido a tensiones y conflictos con las dinámicas y espacios de la naturaleza y derivado del desarrollo tecnológico y del aumento de la población. Esto implica la consideración del riesgo en cualquier decisión, entendiendo que estamos ante el panorama de un mundo lleno de riesgos múltiples, inciertos y cada vez más complejos.

En el sector minero-energético la forma de percibir los riesgos ha cambiado en años recientes, lo cual incluye la forma de entender el papel que juegan los subsectores de energía eléctrica, minería e hidrocarburos frente al avance de la Gestión del Riesgo de Desastres en el país y en el mundo. Por lo tanto, hay una necesidad de mayores y mejores claridades conceptuales alrededor de este asunto.

En consecuencia, este primer módulo del curso en **GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES PARA EL SECTOR MINERO-ENERGÉTICO**, ofrecido por el convenio entre el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Ministerio de Minas y Energía, se centra en una revisión general de algunos conceptos básicos sobre gestión del riesgo de desastres asociados con eventos de origen natural y tecnológicos, y su relación con aquellos riesgos inherentes al sector de minero-energético, con el fin de reconocer el rol que este sector ha tenido, pero también en la generación de nuevas amenazas y vulnerabilidades.



Fuente: archivo Ministerio de Minas y Energía

## 1. ¿Cuáles son las principales bases conceptuales para la gestión del riesgo de desastres dentro del sector minero-energético?

Para iniciar este módulo, es pertinente decir que el riesgo se ha convertido en una noción clave sobre la cual gira buena parte de los diagnósticos sociales, económicos, políticos, técnicos y jurídicos, pasando a ocupar un lugar relevante dentro de los debates contemporáneos que incluyen discusiones propias del sector minero-energético.

Las ciencias (naturales, aplicadas, sociales y complejas), se han preocupado por su estudio, al ser el riesgo un rasgo propio de la actual sociedad, en donde la toma de decisiones se sustenta en su cálculo, reconocimiento o percepción. El interés científico también se da por la relación con otras nociones como la incertidumbre, el peligro, el daño, las pérdidas e incluso las oportunidades, abordándolo de manera diferente a como se hacía antiguamente.

## 1.1. Riesgo y riesgo de desastres

Debemos precisar que el riesgo es un elemento fundamental en el proceso de toma de decisiones de una organización, de un país, un sector productivo o de un territorio, en tanto que se relaciona con la previsión ante factores externos e internos que puedan afectar el cumplimiento de propósitos de dicha organización, país o territorio. Según la Organización Internacional de Normalización), *se puede entender el riesgo como “efecto de la incertidumbre sobre el logro de los objetivos” entendiéndose como una desviación (positiva o negativa) frente a lo esperad* (ISO, 2011, p. 4).

La interpretación de este concepto genérico del riesgo plantea diferentes alcances. Una de las aproximaciones es que el riesgo es la razón entre peligro y las medidas de seguridad o la combinación de incertidumbre y de daño. Otra definición ampliamente utilizada internacionalmente es la combinación entre la frecuencia de los acontecimientos y la magnitud de sus consecuencias, que tiene asociada un nivel de incertidumbre.

Por tanto, los objetivos afectados por la incertidumbre son amplios, los mismos pueden relacionarse con aspectos económicos, de seguridad, salud o ambientales y se pueden aplicar en diferentes niveles organizativos, o en un grupo de productos y procesos, refiriéndose así a eventos potenciales, de los cuales se derivan unas consecuencias. Se puede hablar de riesgos administrativos, financieros, tecnológicos, etc., hasta riesgos de desastres. Algunos de esos riesgos han sido más cercanos a las actividades del sector minero energético.

En el caso del “riesgo de desastres”, como objeto de estudio de este curso, este define a partir de un *cálculo anticipado de daños o pérdidas potenciales, las cuales son el producto de eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional*. Dicho riesgo de desastres tiene la condición de darse en un período de tiempo específico y se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

El concepto de riesgo y el de riesgo de desastres guardan similitudes. Por un lado, el riesgo se asume desde la norma técnica en referencia a eventos potenciales y las consecuencias. Por otro lado, el riesgo de desastres se asume como el producto de las amenazas y las vulnerabilidades presentes en un territorio.

De acuerdo con lo anterior, estas visiones de la concepción de riesgos no se contradicen, sino que se describen desde una perspectiva diferente, contemplando la relación que hay entre las amenazas (la probabilidad de ocurrencia de un evento accidental), y la vulnerabilidad (las posibles consecuencias) de un blanco, representado las personas, medio ambiente o infraestructura que esté expuesta a esta amenaza. La siguiente tabla muestra un paralelo entre los dos conceptos y brinda claridad sobre la diferencia en sus aproximaciones.

**Tabla 1. COMPARACIÓN DE DEFINICIÓN DE RIESGO Y RIESGO DE DESASTRES**

	Definición de riesgo	Definición de riesgo de desastres
Alcance general del concepto	Efecto de la incertidumbre sobre el logro de los objetivos.	Daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico...
Expresión del nivel de riesgo	<p>Combinación de las consecuencias y su probabilidad...Consecuencias (C): Resultado de un evento...Probabilidad (P) (Likelihood) Oportunidad de que algo suceda <math>R = C, P</math>.</p> <p>La severidad del riesgo es definida como las consecuencias posibles de un evento o condición inseguros, tomando como referencia el peor escenario.</p>	<p>Determinado por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres (RD) se deriva de la combinación de la amenaza (A) y la vulnerabilidad (V).</p> <p><math>RD = A * V</math></p>

Fuente: ISO (2011) y Ley 1523 de 2012

## 1.2. Peligro, amenazas y tipos de amenazas

Aunque las palabras: peligro y amenaza, no plantean diferencias sustanciales en inglés (hazard) y muchas veces se consideran como sinónimos, en español se hacen necesarias algunas precisiones para definir la relación entre ambos conceptos desde la gestión de riesgos de desastres. El peligro hace referencia a una condición, a una propiedad intrínseca de un elemento, de una sustancia o de un proceso que pueda llevar a un riesgo, y en ese caso, existen muchas fuentes de peligro presentes hoy en día.

De otro lado, *si hablamos de amenazas, estas se relacionan con el campo de las probabilidades de que eventos de origen natural y sicionatural puedan llegar a afectar a alguien o algo, pero también de que ciertos peligros antrópicos y tecnológicos se manifiesten en un tiempo y espacio específico*. En gestión del riesgo de desastres, la amenaza se entiende como la correlación entre peligro y probabilidad.

En consecuencia, la probabilidad de que un evento físico de origen natural o producido accidentalmente por la acción humana pueda llegar a causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos, es asumido como una amenaza. Sin embargo, a veces se confunden conceptos como peligro y amenaza, con otros relacionados con impactos sobre las personas, infraestructura, el medioambiente o el concepto de desastre, por lo cual, es necesario hacer algunas aclaraciones. Los peligros y amenazas hacen referencia a probabilidades, mientras que los impactos o los desastres se pueden concebir como afectaciones cumplidas o situaciones sobre las cuales solo caben acciones de respuesta y manejo. La ilustración 1. presenta un ejemplo de la relación de estos conceptos.



### Ilustración 1. EJEMPLO DE RELACIÓN ENTRE PELIGRO, AMENAZA E IMPACTO

#### Ejemplo

#### PELIGRO



Corriente eléctrica

#### AMENAZA



Probabilidad de descargas eléctricas

#### IMPACTO



Daños sobre planta industrial por descarga eléctrica

Fuente: elaboración propia

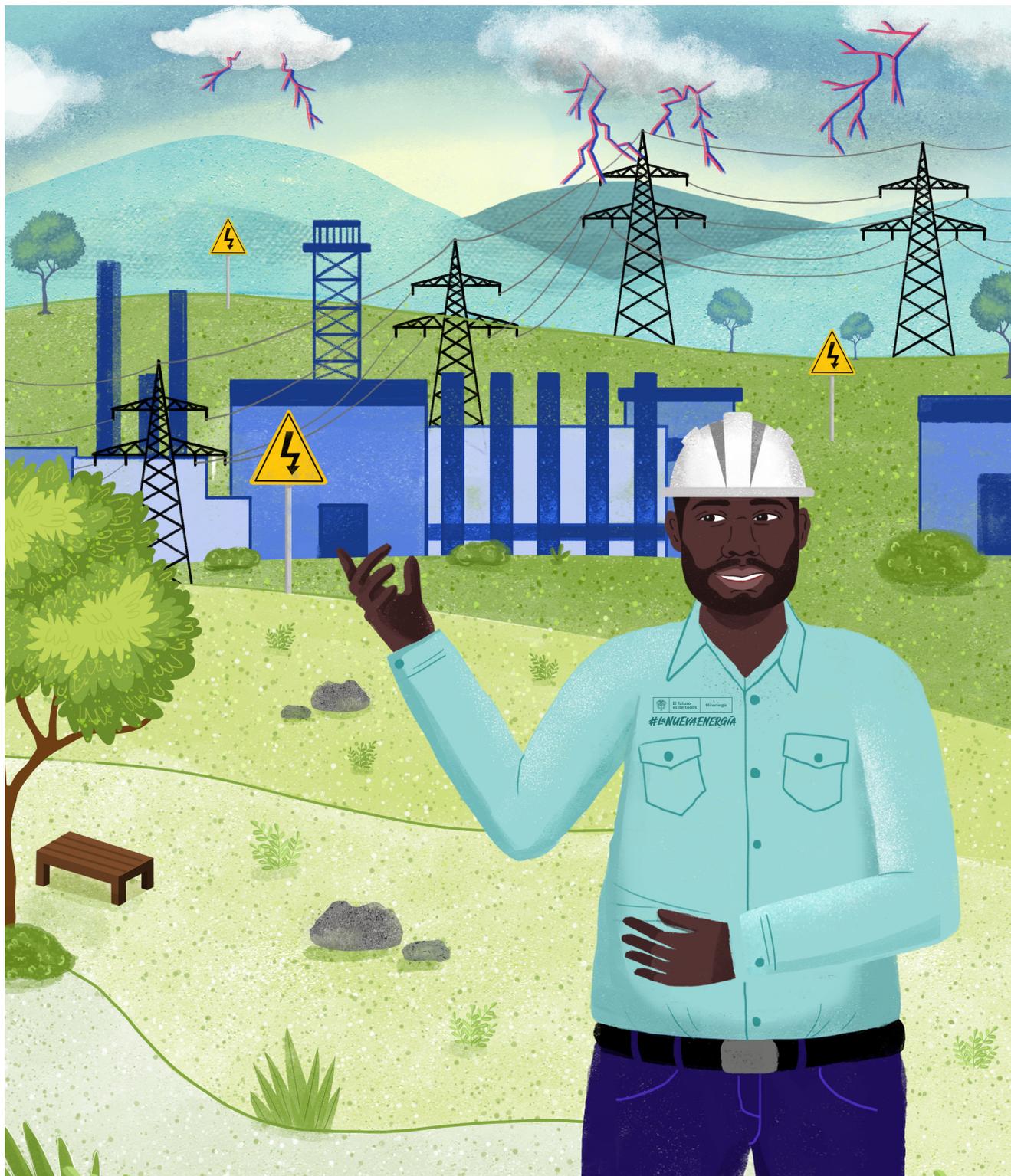
De otro lado, las amenazas, al relacionarse con fuentes de peligros físicos que potencialmente enfrentaría la sociedad, una organización o un territorio, se tienden a clasificar según su origen o naturaleza en cinco grupos, que se encuentran definidos en el glosario de este documento.

- Amenazas de Origen Natural
- Amenazas Socio-naturales
- Amenazas Antrópicas
- Amenazas Tecnológicas
- Amenazas Biológicas

Esta agrupación ayuda a entender unos primeros elementos de la condición de dichas amenazas, advirtiendo que existen relaciones entre una y otra tipología. A manera de ejemplo, un probable sismo (amenaza de origen natural) tiene el potencial de afectar un equipo de proceso, por ejemplo, un tanque de almacenamiento (amenaza tecnológica) y generar liberaciones de materiales inflamables que, de encontrar una fuente de ignición, pueden desencadenar incendios y/o explosiones.

Otro ejemplo hace referencia a las amenazas complejas o concatenadas (efecto dominó), las cuales señalan la posibilidad de ocurrencia de eventos o fenómenos físicos sucesivos con potencial peligroso, los cuales ven potenciados sus afectaciones al verse superada sus barreras de contención

y mitigación. De igual forma, hay correlación entre amenazas de la misma naturaleza: Por ejemplo, las explosiones y los incendios provocan efectos dominó, y por lo tanto, la onda expansiva de un tanque que explota puede dañar la integridad estructural de otros equipos de proceso cercanos, y un incendio en una granja de tanques de almacenamiento puede extenderse a tanques vecinos.



Fuente: elaboración propia

Para los propósitos de este curso, abordaremos más adelante algunas amenazas complejas, y particularmente ciertas amenazas de origen natural y tecnológico o una combinación de éstas, por ser aquellas de mayor interés para el sector minero-energético.



**Para reflexionar**

Algunos de los productos que usa y produce el sector minero-energético se caracterizan por ser materiales explosivos y/o inflamables que representan peligros para la salud humana y pueden provocar afectaciones a la comunidad y ambiente por la liberación no controlada de gases o líquidos tóxicos y una exposición prolongada.

¿Qué fuentes de peligro identifica usted en el desarrollo de las actividades subsectoriales o sectoriales en las que participa? Identifique al menos 5 fuentes.

### 1.3. Vulnerabilidad, consecuencias y elementos expuestos

En relación con el segundo concepto, el de vulnerabilidad, Lavell (1999) señala que la vulnerabilidad se refiere a “la propensión de una sociedad de sufrir daño o de ser dañada, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente” (p. 2).

La vulnerabilidad se relaciona entonces con aproximaciones como la predisposición a sufrir pérdidas, la susceptibilidad de verse afectado por eventos físicos peligrosos o la capacidad de una comunidad o de un proceso de sobreponerse luego de una afectación. Es por ello que muchas veces el concepto de vulnerabilidad plantea retos por tener varios enfoques, factores y condiciones sociales, políticas y económicas que hacen débiles a una población, a una organización o a un territorio ante las amenazas que las puedan afectar.

No obstante lo anterior, para efectos del estudio de la vulnerabilidad en esta guía, es importante reiterar que el riesgo de desastres no depende solamente de la severidad de la amenaza en sí, sino que también está relacionado con la cantidad de población o bienes expuestos, y que se encuentra en función de la susceptibilidad la gente, de los activos económicos, de la predisposición a sufrir pérdidas y daños. A eso es a lo que nos podemos referir cuando hablamos de vulnerabilidad en el sector.

La vulnerabilidad también plantea relaciones con el término “consecuencias”. Este último es entendido como el resultado de un evento, mientras que la vulnerabilidad involucra muchos factores. Por lo anterior, las consecuencias se ven como un efecto y, por lo tanto, como un elemento a considerarse también dentro de la vulnerabilidad.

Dentro del alcance del concepto de vulnerabilidad surgen las siguientes preguntas: ¿Quién es vulnerable? ¿Quiénes están expuestos a la amenaza que los hace vulnerables? Se habla entonces de exposición o elementos expuestos, entendiendo que existe un grado de exposición física que se da frente a determinadas amenazas, con respecto a su localización (terrenos inestables, zonas inundables, etc.).

## Ilustración 2.

### RELACIÓN ENTRE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO



Fuente: elaboración propia

En consecuencia, la condición o grado de susceptibilidad que tiene una organización, país o territorio de ser afectado, está dada en principio por estar en el área de influencia de fenómenos peligrosos, es decir, por el nivel de exposición. A su vez, cuando la presencia de una amenaza o peligro se materializa en un evento, los efectos del mismo recaen sobre el entorno (elementos expuestos) conformado por personas, infraestructura, o bienes y servicios.

La “exposición” busca captar la medida en que un elemento social o natural está dentro de la esfera territorial o espacial de afectación o impacto de un evento físico determinado. En ese sentido, se refiere a la ubicación en áreas propensas de ser afectadas por eventos físicos potencialmente adversos.

La afectación y su nivel serán condicionadas por los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos, aun cuando la exposición constituye un primer paso en establecer la afectación y reconociendo que entre más intenso o grande sea el evento físico, mayor influencia tiene la exposición misma sobre el grado de riesgo en cualquier localización particular.

En consecuencia, la condición o grado de susceptibilidad que tiene una organización, país o territorio de ser afectado, está dada en principio por estar en el área de influencia de fenómenos peligrosos, es decir, por el nivel de exposición. A su vez, cuando la presencia de una amenaza o peligro se materializa en un evento, los efectos del mismo recaen sobre el entorno (elementos expuestos) conformado por personas, infraestructura, o bienes y servicios.

Como ejemplo de lo dicho hasta acá, ***podemos afirmar que el sector minero-energético puede tener una mayor o menor vulnerabilidad expresada según factores físicos (exposición o cercanía a fenómenos peligrosos que puedan generar impactos)***, económicos (condiciones de mercado asociados a productos del sector), sociales (confianza de las comunidades), o ambientales, entre otros. En el siguiente caso se ilustra un ejemplo relacionado con las cadenas de suministro:



## Cadenas de suministros globalizadas y vulnerabilidad

### Caso

El informe de evaluación global sobre la reducción de riesgos de desastres del año 2013 “Del riesgo compartido a un valor compartido: Un argumento empresarial a favor de la reducción del riesgo de desastres” (GAR 2013) ofrece un análisis importante a diversos enfoques sobre gestión de riesgos de desastres aplicados a sectores relevantes para las inversiones mundiales. El informe presta especial atención a las cadenas de suministro globalizadas, y a la vulnerabilidad de los negocios ante diversas interrupciones.

Debido a su diversidad y magnitud, las grandes corporaciones pueden amortiguar de manera relativamente cómoda los efectos locales que se producen en algún lugar concreto. Las actividades empresariales dirigidas a descentralizar y subcontratar la producción de bienes en planteles y complejos ubicados en zonas con ventajas comparativas, con costos más bajos de mano de obra y fácil acceso a los mercados de exportación, han sido un aspecto fundamental para mejorar la competitividad y la productividad.

Sin embargo, se señala desde este informe que un desastre podría trastornar de forma crítica las cadenas de suministro y las operaciones globales, debido a que muchas de estas zonas son propensas a amenazas, y que la tendencia a la globalización ha aumentado drásticamente el grado de exposición de los negocios y de sus cadenas de suministro a una serie de amenazas, aumentando entonces su vulnerabilidad. Se precisa desde el informe que cuando falla la infraestructura, los negocios experimentan pérdidas indirectas, ya que se interrumpen los procesos de producción y distribución, al igual que las cadenas de suministro. Por consiguiente, se reduce la producción, el rendimiento y la capacidad de procesamiento.

A manera de ejemplo, en una encuesta empresarial llevada a cabo en 62 países durante el año 2011 (época en la cual las amenazas meteorológicas ocasionaron el 51 por ciento de interrupciones) se señala que el 85 por ciento de las organizaciones había experimentado al menos una interrupción en sus cadenas de suministro. También se aborda desde el informe el caso de la empresa Toyota que ha venido descentralizando su producción hacia otros países en los últimos años, y que en el mismo año 2011 perdió 1.200 millones de dólares americanos en ingresos, debido a la escasez de repuestos y componentes explicados, no sólo por el terremoto y tsunami ocurrido en Japón ese año, sino también por las afectaciones por desastres de origen natural en otros países.

### 1.4. Desastre, incidente y accidente

Un desastre es una consecuencia que se materializa, es el resultado de una inadecuada gestión sobre los componentes del riesgo (amenaza y vulnerabilidad), y es necesario diferenciar el alcance de este concepto en relación con otros como incidentes o accidentes.

Según la Ley 1523 de 2012, un desastre se entiende como el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad.

Un incidente en seguridad y salud en el trabajo hace referencia a uno o varios eventos relacionados con el trabajo, en los que ocurrió o pudo haber ocurrido una lesión o enfermedad (independiente de su severidad) o víctimas mortales (NTC-OHSAS 18001). Un incidente puede no tener consecuencias, mientras que un desastre, al tener daños, siempre tiene consecuencias y una escala y afectaciones mayores.

Por otra parte, un accidente es un incidente que da lugar a una lesión, enfermedad o víctima mortal. Un accidente se puede asumir como una situación de emergencia, que puede controlarse en el marco de protocolos de seguridad en el trabajo o de seguridad de procesos. Si dicho accidente no es controlado, y encuentra condiciones propicias, puede llegar a dar lugar a un desastre. Una secuencia de accidentes partiendo de un evento inicial puede terminar con otros eventos secuenciadores, y en algunos casos terminar siendo un desastre. En seguridad de procesos se abordan las siguientes definiciones que sirven de ayuda para entender algunas diferencias:

**Tabla 2. RELACIÓN ENTRE “ACCIDENTE”, “INCIDENTE” Y “CASI INCIDENTE” EN SEGURIDAD DE PROCESOS**

Accidente en seguridad procesos	Incidente en seguridad de procesos	Casi incidentes en seguridad de procesos
La ocurrencia de una secuencia de eventos no planeados y no deseados que producen consecuencias negativas.	La pérdida de energía o contención de un material dada una secuencia de eventos no planeados y no deseados (p.ej. de tipo ambiental, operativo, administrativo o externo).	Eventos con el potencial de causar daño significativo, que fue mitigado o reducido por la activación de alguna barrera de protección.

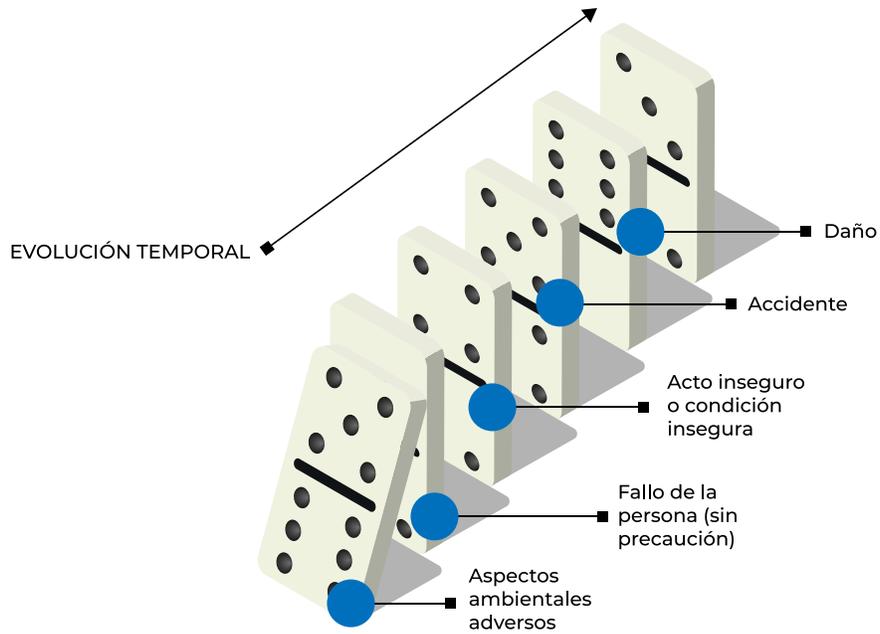
Fuente: elaboración propia

De otra parte, los accidentes tienen una secuencia y algunos modelos explicativos para su ocurrencia. **Podemos ver en la siguiente ilustración dos ejemplos: el Modelo de Causalidad de Heinrich (o de efecto dominó) en donde un accidente se entiende como una sucesión de causas y efectos que acaecen de manera secuencial en un determinado orden** (ilustración 3a), o el Modelo de queso suizo elaborado por Reason, según el cual en seguridad de procesos hay barreras de prevención y de escalamiento, y cada una de las barreras se puede representar como rebanadas de queso gruyere, que tienen como características tener agujeros que a su vez representan debilidades de las mismas. En tal sentido, existen momentos en los cuales dichos agujeros se alinean, provocando una trayectoria de oportunidad para un accidente (Ilustración 3b).



Ejemplo

### Ilustración 3a. MODELOS DE SECUENCIALIDAD DE UN ACCIDENTE

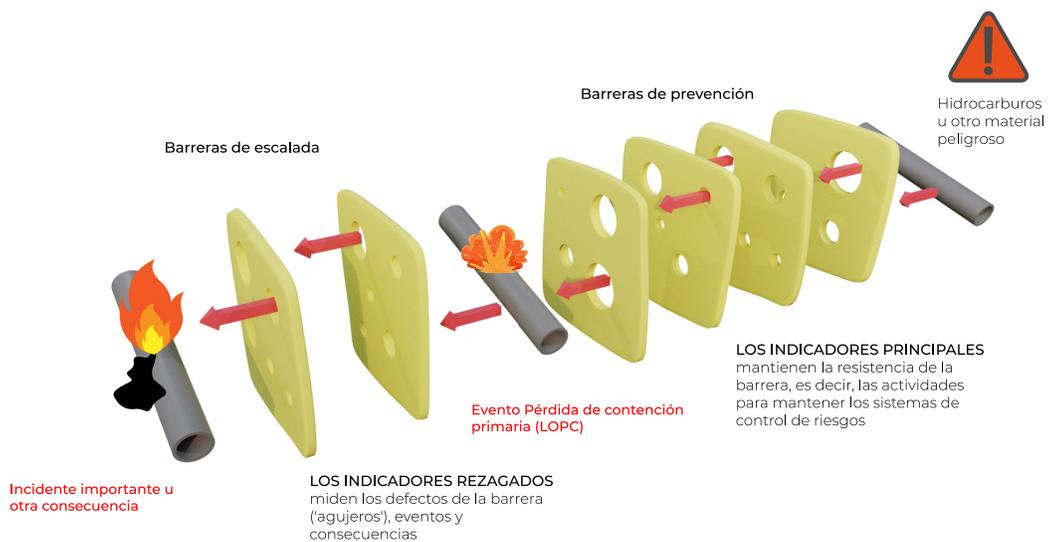


Fuente: Heinrick, W.H. (1931). Modelo de Causalidad de Heinrich



Ejemplo

### Ilustración 3b. ESQUEMA DEL MODELO DE QUESO SUIZO



Fuente: Universidad de los Andes - ECOPETROL (2015)



## De incidente a accidente tecnológico. El Caso de Macondo - Deepwater Horizon (Golfo de México, 2010)

### Caso

La explosión de Macondo ha servido para evidenciar la gravedad de las consecuencias de incidentes y como catalizador de revisiones sobre la gestión del riesgo de desastres en la industria de la perforación en aguas profundas. El 20 de abril de 2010 ocurrió un accidente en el pozo de petróleo Macondo aproximadamente a 80 kilómetros de la costa de Luisiana en el Golfo de México, durante las actividades de abandono temporal de pozos en la plataforma de perforación Deepwater Horizon (DWH). El control del pozo se perdió, lo que provocó un escape con liberación no controlada de petróleo y gas. En la plataforma, el efluente encontró una fuente de ignición y se encendió. Las explosiones e incendios resultantes provocaron la muerte de 11 personas, lesiones físicas graves a otras 17, la evacuación de 115 personas de la plataforma, el hundimiento del Deepwater Horizon y daños masivos marinos (más de 5 millones de barriles derramados) y costeros calculado en unos 4 millones de barriles de hidrocarburos liberados.

BP era el operador responsable del diseño del pozo y Transocean era el contratista de perforación que poseía y operaba la plataforma. El día del accidente, la tripulación estaba adelantando el abandono temporal del pozo para dejarlo en condiciones seguras hasta que una instalación de producción pudiera regresar más tarde para extraer petróleo y gas del mismo.

Las actividades de abandono esencialmente cerrarían el pozo, como parte del proceso de perforación. Previamente se había cementado el pozo para mantener su estabilidad y a su vez evitar que cualquier tipo de fluidos saliera de la formación al anular (espacio entre la tubería y la pared del pozo). Se había dispuesto una barrera de cemento con el fin de mantener los hidrocarburos debajo del lecho marino, pero la misma no se instaló de manera adecuada. El personal de BP y Transocean malinterpretaron la prueba de evaluación de la integridad de la barrera de cemento, lo que los llevó a creer erróneamente que la zona de hidrocarburos en el pozo ya había sido sellada. Cuando el equipo retiró el lodo de perforación del pozo en preparación para instalar una barrera de cemento adicional, el dispositivo de prevención de escapes (BOP) que estaba abierto, era la única barrera física que pudo haber evitado que los hidrocarburos llegaran a la plataforma y al entorno circundante.

La remoción del lodo de perforación después de la prueba permitió que los hidrocarburos fluyeran más allá de la barrera de cemento hacia la plataforma. Los hidrocarburos continuaron fluyendo desde el yacimiento durante casi una hora sin detección humana o la activación de los controles automáticos para cerrar el BOP. Finalmente, el petróleo y el gas pasaron por encima de la base de la pirámide y se soltaron con fuerza en la plataforma. En respuesta, el equipo de operaciones del pozo cerró manualmente el BOP. El petróleo y el gas que ya habían pasado por la BOP continuaron fluyendo a alta presión hacia la plataforma, provocando incendios y explosiones en diferentes áreas. La explosión probablemente activó un sistema automático de respuesta de emergencia diseñado para cortar la tubería de perforación que pasa por el BOP y sellar el pozo, y esto no tuvo éxito.

**Para mayor información se puede consultar el caso de Deep Water Horizon en los materiales de este curso.**



Fuente: archivo del Ministerio de Minas y Energía

## 2. ¿Qué riesgos internos y externos derivan del sector minero-energético?

### 2.1. Riesgo del entorno y riesgo generado por el sector o actividad

*En el desempeño de sus actividades, el sector minero-energético cumple dos roles en relación con la gestión de riesgos de desastres: pasivo y activo.* Como actor pasivo el sector minero-energético puede ser afectado por la materialización o desencadenamiento de uno o varios eventos de origen natural, socio-natural o antropogénicos que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad, pueden causar daños o pérdidas con la potencialidad de comprometer la continuidad del negocio. *Por otro lado, el sector minero-energético es un actor activo cuando por la naturaleza de la prestación de sus servicios, especialmente por las instituciones o entidades públicas o privadas que coadyuvan al cumplimiento misional del mismo, genera escenarios de riesgo que pueden causar daños o pérdidas humanas,* materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad. La ilustración 4 resalta el concepto del doble rol del sector.



Ejemplo

#### Ilustración 4. RIESGOS EXTERNOS SOBRE UNA ACTIVIDAD Y ACTIVIDADES COMO GENERADORAS DE RIESGOS



Rol pasivo de la actividad o sector  
en gestión de riesgos de desastres



Rol activo de la actividad o sector  
en gestión de riesgos de desastres

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior, en el caso del sector minero-energético, es necesario identificar, analizar y monitorear amenazas, vulnerabilidades y riesgos que se deriven de las actividades propias del sector y considerar las posibles consecuencias asociadas a la materialización de eventos accidentales. *Cuando hablamos de riesgos derivados de proyectos que puedan tener impacto considerable en el entorno, se cuenta, a manera de ejemplo, con herramientas como los diagnósticos ambientales de alternativas o los estudios de impacto ambiental previstos en el régimen de licencias ambientales de Colombia*, que permiten vislumbrar las posibles consecuencias derivadas del rol activo del sector y el potencial impacto en el entorno, si no se hace una gestión adecuada del riesgo.

La segunda perspectiva, asume que un proyecto o actividad se ejecuta en un tiempo y un contexto territorial, en el cual existen amenazas y riesgos específicos que pueden afectar la ejecución del mismo proyecto. Es decir, hay riesgos externos que se deben identificar porque pueden afectar la estructuración y ejecución de ese proyecto o actividad siendo necesario identificar y analizar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos presentes en la zona en la cual se localizaría el proyecto o se desarrollará la actividad.

A manera de ejemplo sobre riesgos externos se pueden mencionar aquellos de origen natural como sismos, inundaciones o descargas eléctricas que puedan afectar la operación de una planta o infraestructura, pero también se relacionan dichos riesgos con actividades antrópicas, sean éstas intencionales o no intencionales, como puede ser el caso de atentados, vandalismo o sabotaje.

## 2.2. Seguridad industrial, seguridad de procesos y gestión del riesgo de desastres

*La seguridad industrial está a cargo de asuntos como higiene industrial, al igual que la anticipación, reconocimiento, evaluación y control de peligros que surgen dentro o desde el lugar de trabajo, y puedan llegar a perjudicar la salud y el bienestar de los trabajadores.* El propósito general de la identificación de los peligros y valoración de riesgos aquí, es entender esos peligros que se pueden generar en el desarrollo de las actividades, con el fin de que la organización pueda establecer los controles necesarios, al punto de asegurar que cualquier riesgo sea aceptable.

Respecto a la seguridad de procesos, Muñoz, et al. (2015), señalan que esta se encarga de “elaborar y aplicar herramientas, técnicas y tecnologías que permitan prevenir pérdidas y afectación al personal, la comunidad, propiedad y ambiente, asociadas a las fallas de diseño, mantenimiento u operación de los procesos productivos. Estas fallas ocasionan la liberación no controlada de sustancias peligrosas y energía” (p.4.). Por ejemplo, térmica y mecánica.

En cuanto a la gestión del riesgo de desastres, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

En el caso de la seguridad y salud ocupacional, la seguridad de procesos y la gestión de riesgos de desastres, todas se entienden como gestiones esenciales para la toma de decisiones, que buscan reducir peligros, amenazas o vulnerabilidades. El asunto es que no es lo mismo un accidente de trabajo que un desastre ecológico. No es lo mismo la caída de un trabajador por el derrame de líquidos en un pasillo que el vertimiento o derrame de decenas de miles de barriles de crudo en un golfo.

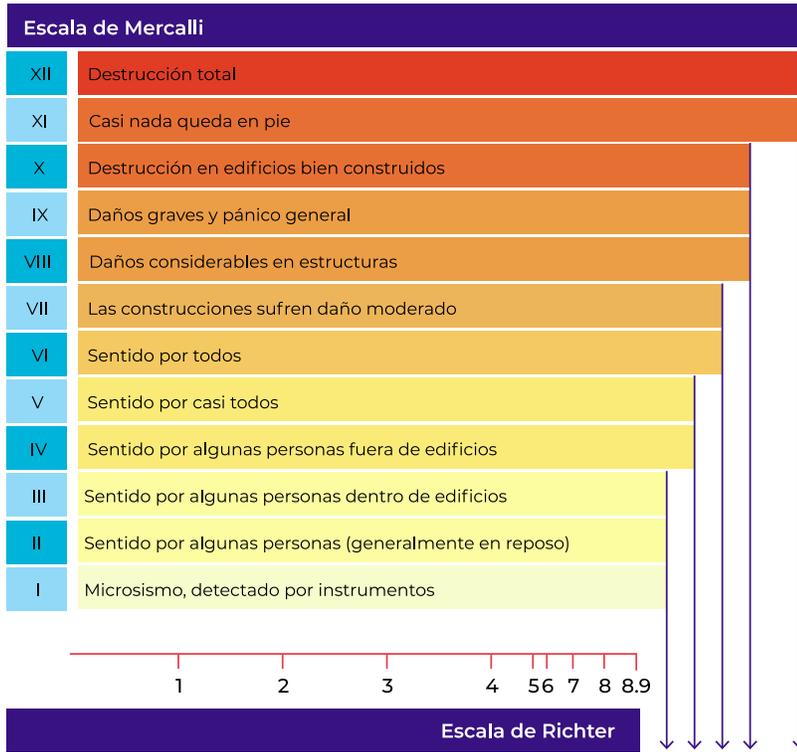
*La seguridad industrial apunta a evitar fatalidades, mientras que la seguridad de procesos busca evitar que ocurra una catástrofe por eventos y accidentes en secuencia.* En consecuencia, se hace necesario hablar de jerarquización de peligros y desastres, en tanto que hay condiciones de escala, conocimiento del peligro, severidad, preparación y racionalidad que deben considerarse para atender ciertos riesgos. No es el mismo grado de conocimiento o tiempo que se dispone para atender uno u otro, y por lo tanto no son los mismos recursos, equipos o personal que se deben destinar para uno u otro evento.

La escala o la jerarquía depende del evento. En el caso de amenazas de origen geológico se cuenta, por ejemplo, con escalas de magnitud e intensidad (Richter y Mercalli), (Ilustración 5a), mientras que amenazas de origen tecnológico como la radiación nuclear cuentan con sus propias escalas internacionales de eventos nucleares (Escala INES). (Ilustración 5b). También se pueden mencionar las pirámides de seguridad que brindan elementos jerárquicos aplicados, y que en casos de industrias de petróleo se vienen utilizando para la definición de perspectivas del sector (Ilustración 5c).



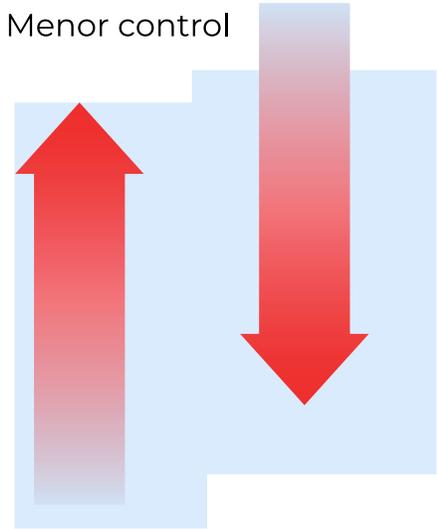
Ejemplo

### Ilustración 5a. IDEA DE ESCALA Y JERARQUIZACIÓN DE INCIDENTES, ACCIDENTES Y DESASTRES



Desastres a gran escala  
Mayor impacto y severidad  
Menor grado de conocimiento

Menor control



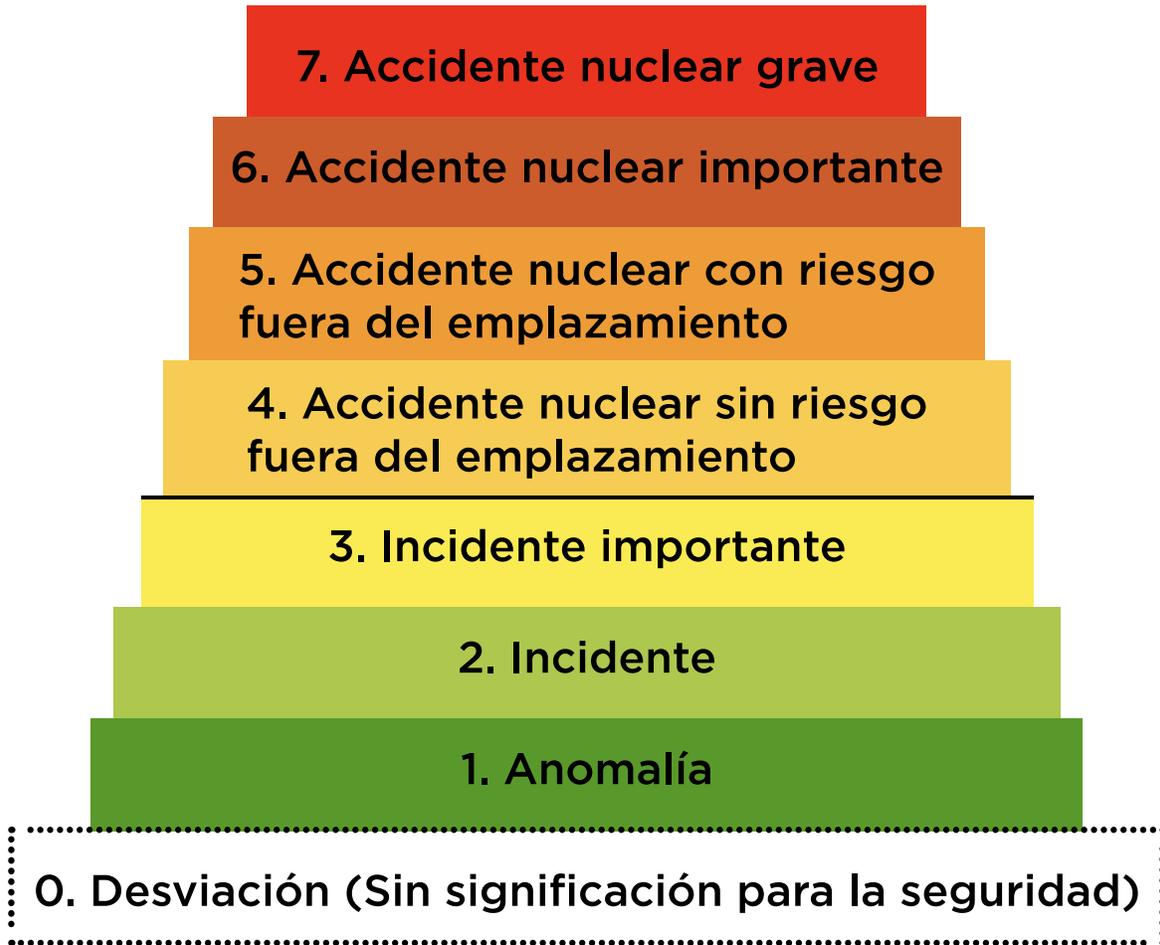
Incidentes pequeños  
de seguridad  
Menor impacto y severidad  
Mayor conocimiento  
Mayor control

Fuente: tomada y adaptada de Servicio Geológico Mexicano. Escala de Sismos



Ejemplo

**Ilustración 5b.**  
**ESCALA INES PARA EVENTOS NUCLEARES**

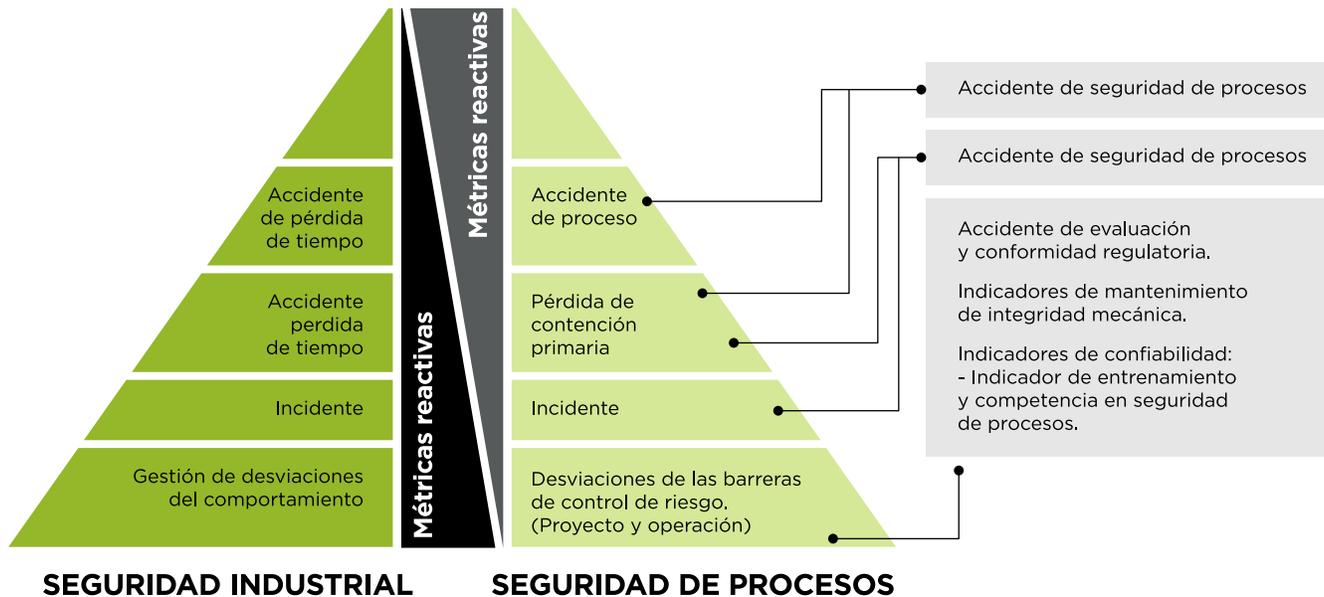


Fuente: tomada y adaptada de Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). Escala Internacional de Sucesos Naturales y Radiológico



Ejemplo

### Ilustración 5c. PIRÁMIDES DE SEGURIDAD



Fuente: Universidad de los Andes - ECOPETROL (2015)

*En conclusión, se deben valorar los incidentes de seguridad de procesos y aquellos propios de seguridad industrial (salud ocupacional) desde dos perspectivas diferentes. Mientras que los primeros se caracterizan por ser poco probables, pero con una alta severidad, los segundos se relacionan con eventos recurrentes cuya severidad es mucho menor.*

### 2.3. Los procesos de la gestión del riesgo de desastres

ISO (2011) define el proceso para la gestión del riesgo como la aplicación sistemática de las políticas, los procedimientos y las prácticas de gestión a las actividades de comunicación, consulta, establecimiento de contexto, y de identificación, análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo y revisión del riesgo, tal como se evidencia en la ilustración 6a, en la cual se diferencian los procesos de valoración, tratamiento y gestión del riesgo.



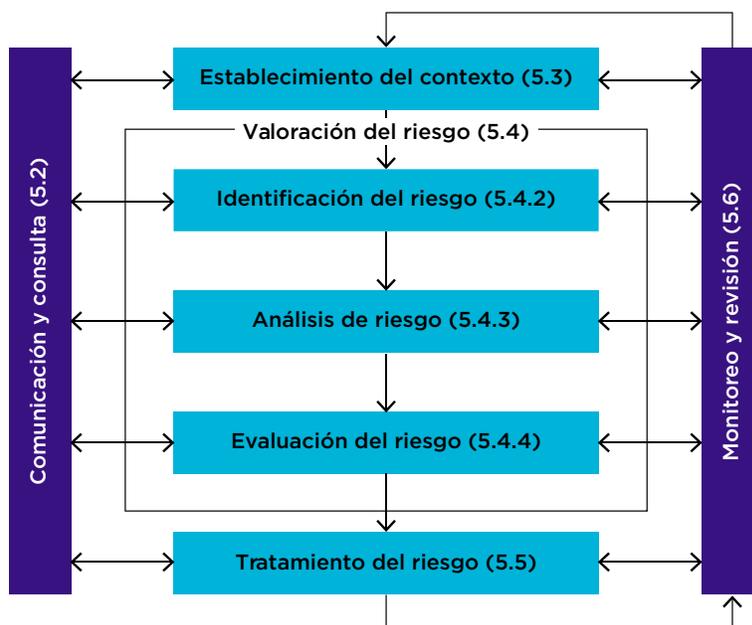
Fuente: elaboración propia

En cuanto a la gestión de riesgos de desastre (GRD) esta se compone de los procesos de conocimiento y reducción del riesgo, así como del manejo de desastres, los cuales a su vez están conformados por una serie de subprocesos (Ilustración 6b). En línea con los enfoques técnicos, la gestión del riesgo de desastres ha evolucionado durante los últimos años: desde enfoques tradicionales que se centraban más en la atención de emergencias (manejo), hacia la actuación sobre riesgos existentes –no solo los desastres- y a la identificación de los riesgos futuros (conocimiento y reducción) desde un enfoque más preventivo. En ese sentido, se ha pasado de interpretaciones del desastre como algo externo, impuesto, natural o fatídico, hacia explicaciones más estructurales y complejas, dependientes de procesos más fundamentales de la sociedad (Narváez et al, 2009).

Este abordaje plantea una forma de gestión e intervención que combina un enfoque prospectivo y de mitigación sobre amenazas, vulnerabilidades y riesgos, con el fin de reducirlas, prevenirlas o enfrentarlas, para lo cual también se aplican criterios de identificación, análisis y evaluación. Por lo tanto, la gestión del riesgo de desastres está en la misma lógica del proceso general de gestión del riesgo, en tanto que se toman decisiones sobre la base de 3 macroprocesos que inciden en dicha gestión –léase conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo del desastre definidos en el glosario-.

Según la Ley 1523 de 2012, dichos procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres deben ser desarrollados y ejecutados por entidades públicas, privadas y comunitarias, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción. Los tres procesos se componen de subprocesos que desagregan la forma de aproximarse a los factores del riesgo y a las medidas para su gestión, los cuales deben ser relacionados con criterios de orientación de la inversión pública y de los recursos técnicos y humanos existentes.

**Ilustración 6a.**  
**LOS PROCESOS DE LA GESTIÓN DE RIESGOS Y DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.**



Fuente: ISO 31000 (2011)

Ilustración 6b.  
PROCESOS DE GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES



Fuente: UNGRD (2017)



¿Sabías que?

Cuando hablamos de **mitigación del riesgo**, hacemos referencia a la reducción del riesgo actual, a través intervenciones dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente, y la **mitigación en términos de cambio climático** está relacionada con la gestión sobre factores de un tipo de amenaza (el nivel actual o futuro de GEI), a través de actividades como el uso más eficiente de combustibles, la transición hacia energías más limpias, la reconversión de actividades que generen porcentajes considerables de GEI o la expansión de bosques y sumideros que faciliten la acumulación de GEI presentes en la atmósfera, entre otras.



Fuente: archivo de Ecopetrol

### 3. ¿Qué conocimientos generales tenemos sobre algunos escenarios de riesgo de desastres en el sector minero-energético, relacionados con amenazas naturales y riesgo tecnológico?

Dentro del proceso de conocimiento del riesgo de desastres mencionado anteriormente y tal como se muestra en la ilustración 6, se incluye la identificación y caracterización de los **escenarios de riesgo**, desde la cual se busca conocer de manera general, las condiciones de riesgo de un territorio, enfatizando en sus causas y actores e identificando los principales factores influyentes, los daños y pérdidas que pueden presentarse, y todas las medidas posibles que podrían aplicarse para su reducción y manejo.

Según la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) (2021), los patrones y escenarios de riesgo y desastre en América Latina y el Caribe son cada vez más complejos, en tanto que con mayor frecuencia, las amenazas de origen natural y socionatural interactúan con otras de origen tecnológico o biológico, sumándose a ello los efectos del cambio climático, produciendo nuevos escenarios de riesgo y potenciales desastres más complejos. Por lo tanto, cada vez se hace más imperiosa la necesidad de conocer los riesgos a los que estamos expuestos, considerando las interacciones de la industria y las comunidades vecinas en los territorios en donde se desarrollan actividades productivas. Es por esta misma razón que se resalta la importancia de que el sector minero-energético conozca los riesgos a los que está expuesto y los riesgos que puede generar en su entorno, en aras de promover una gestión eficaz de los mismos, que promueva operaciones seguras, sostenibles y resilientes.

### 3.1. Amenazas de origen natural en actividades productivas que afectan al sector minero-energético

Las principales amenazas de origen natural que afectan al país están relacionadas con **eventos de origen geológico e hidrometeorológico**. Los desastres ocurridos desde 1998 hasta el 2016 revelan que en su gran mayoría (88%) provienen de eventos de origen hidrometeorológico sobre el total de desastres ocurridos en el país durante este periodo. El 37% de estos están relacionados con sequías e incendios, 35% relacionados con inundaciones, 15% movimientos en masa y 1% asociados a los flujos torrenciales (DNP, 2018, p. 31).

Este panorama del riesgo y desastres puede verse afectado por condiciones climáticas extremas. A manera de ejemplo, en condiciones de Fenómeno de El Niño, la disminución de los embalses y los cambios en condiciones hidrológicas pueden tener efectos en términos del mercado eléctrico, en cuanto a racionamientos, generación de energía térmica o aumento de precios.

La temporada de lluvias 2010 – 2011, que fue causada por fenómenos de variabilidad climática relacionados con el **Fenómeno de la Niña**, ha sido una de las peores tragedias soportadas por Colombia. Los afectados superan en cifras a cualquier tragedia anterior: 3´219.239 víctimas que corresponden al 7% de la población del país, con impactos catastróficos en materia de infraestructura, vías, transporte de alimentos, comercio y aparato social (UNGRD, 2018).

En este periodo de temporada de lluvias, el sector minero-energético reportó daños y disminuciones de productividad. Según CEPAL (2012), en el caso del sector energético, se estima en un “7,8% de los daños totales, en especial asociados a la generación de energía que explica por sí sola 5%” (p. 60). Así mismo, en el sector minero la productividad del sector bajó, sin que se hubiese dado cierre de minas. Al respecto “Esta disminución se debió a que la maquinaria de extracción debió trabajar de manera más lenta por el estado del tiempo (...) Se valora en 608.000 millones de pesos el menor valor bruto no producido en 2010.” (p.181).



### ¿Sabías que?

Cuando hablamos de cambio climático estamos aludiendo a que el clima de una región, país o territorio está cambiando, ya cambió, o va a cambiar a futuro. En consecuencia, el cambio climático se define como una variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un periodo prolongado (normalmente decenios o incluso más) y que puede ser causada por procesos naturales internos o a cambios persistentes de las actividades humanas (antropogénicos) en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras (Ley 1523 de 2012).

Pero cuando el clima se comporta eventualmente de manera distinta a cómo habitualmente lo hace a lo largo de los años, esto también se puede relacionar con eventos que ocurren de manera recurrente, pero que no necesariamente alteran en el largo plazo los promedios que definen el clima de la región. Es decir, nos referimos aquí a anomalías climáticas y no meramente a condiciones definitivas. La repetición cíclica de dichas anomalías climáticas en una región se conoce como variabilidad climática (oscilaciones alrededor de las condiciones normales o de los patrones establecidos en un lugar); y a los valores más altos o más bajos de estas fluctuaciones se les denomina fases extremas de la variabilidad climática (por ejemplo, fenómeno de La Niña o de El Niño) (UNGRD, 2016).

En consecuencia, el cambio climático y la variabilidad climática son dos conceptos relacionados, pero con alcances diferentes. El primero se refiere a transformaciones más o menos permanentes, de largo plazo y que podrían conformar hoy o en el futuro un “nuevo clima”, mientras que el segundo hace referencia a variaciones del clima dentro de la “normalidad”, la cual se expresa por medio de la incidencia de eventos climáticos irregulares, recurrentes pero dispersos en el tiempo, extremos o anómalos.

**Si le interesa indagar más sobre este tema puede consultar UNGRD (2016) en la sección de “Recursos adicionales” del curso.**

Los riesgos asociados con amenazas de origen natural como sismos, inundaciones, incendios, sequías, entre otros, impactan significativamente a sectores económicos y productivos, afectando también al sector minero-energético. El sector minero-energético, ha identificado impactos negativos de valoración alta, generados por la exposición que la infraestructura de la industria y los territorios en donde ésta se encuentra presentan ante el aumento de las amenazas de origen hidrometeorológicas o hidrometeorológicas, que pueden poner en riesgo la productividad del sistema minero-energético. Algunos impactos negativos generados sobre el sistema del sector minero-energético, asociados al cambio climático se ven en la siguiente tabla.



Fuente: elaboración propia

**Tabla 2. IMPACTOS NEGATIVOS GENERADOS SOBRE EL SISTEMA DEL SECTOR MINERO-ENERGÉTICO, ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Amenaza	Posible impacto
Aumento de los eventos de sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso y/o disminución de los procesos de producción de los recursos energéticos y programas de rehabilitación y reforestación (Programas de cierre de minas).</li> </ul>
Aumento de eventos de remoción en masa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso y/o disminución de los procesos de producción de los recursos energéticos.</li> <li>• Afectación sobre el transporte de hidrocarburos, carbón y energía eléctrica.</li> </ul>
Aumento eventos de olas de calor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación en la operación debido a los efectos sobre la salud del personal de operaciones.</li> <li>• Pérdida de eficiencia de tecnologías.</li> </ul>
Aumento del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación del comercio debido al daño en la infraestructura portuaria.</li> </ul>
Aumento de incendios forestales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de eficiencia de procesos.</li> </ul>

Fuente: Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector de Minero Energético (PIGCCME)

### 3.2. El riesgo tecnológico y sus complejidades

El riesgo tecnológico corresponde a daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados en sucesos antrópicos, naturales, socio-naturales y propios de la operación. UNGRD (2008) señala que este riesgo “se genera durante el funcionamiento de cualquier actividad y supone consecuencias importantes para las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales” (p. 14).

Según información de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (2018), para el periodo comprendido entre enero 1 de 1998 y junio 30 de 2017, se tiene un reporte de 3.466 eventos de origen tecnológico. De esos, los 4 eventos más recurrentes en orden descendente son: incendios (60%), colapsos (15%), accidentes en transporte terrestre (14%) y explosiones (6%). (UNGRD, 2018, p. 30).

Los riesgos tecnológicos, continúa UNGRD, (2018) “son percibidos como fenómenos controlables por el hombre o fruto de su actividad, y están asociados a una gran variedad de actividades, dentro de las cuales se incluyen las domésticas y de servicios profesionales que se refieren a aquellas realizadas por la población en general producto de su cotidianidad, así como también las actividades industriales, extractivas, de transporte, entre otras, teniendo una relevancia especial las que utilizan sustancias y/o energías peligrosas” (p. 14).

En términos generales, y como lo plantea Camacho & Muñoz de Camacho (2016), *el origen de este tipo de riesgos puede ser biológico, social, económico, tecnológico etc. Sin embargo, se puede decir que el origen principal de los riesgos tecnológicos está dado por amenazas de origen antrópico, organizacional, por obsolescencia tecnológica, accesibilidad tecnológica, velocidad del sistema económico versus actuaciones tecnológicas.* El mundo ha mejorado en el conocimiento de riesgos tecnológicos, pero aún falta mucho más análisis sobre la materia. La siguiente tabla da algunos elementos de ayuda para entender el riesgo tecnológico:

**Tabla 3. RESUMEN DE ELEMENTOS RELACIONADOS CON EL RIESGO TECNOLÓGICO**

Riesgo Tecnológico		
Peligros	Según el origen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Químico</li> <li>• Biológico</li> <li>• En radiación</li> <li>• Eléctrico</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecánico</li> <li>• En estructuras</li> <li>• Otros</li> </ul>
	Según la categoría	Domésticas y servicios profesionales individuales Comercio, servicios y venta directa Producción industrial y almacenamiento Producción de energía eléctrica Exploración y extracción de recursos mineros Exploración y producción de hidrocarburos Transporte Recuperación, tratamiento y disposición de desechos Lugares de interés deportivo, cultural o religioso Obras de interés nacional / territorial
Factores condicionantes / Fallas en controles	Desconocimiento o conocimiento inadecuado Deficiencias en materiales de construcción Deficiencias operativas Acumulación de sustancias peligrosas Fallas en la operación Fallas en el proceso	Fallas de equipos Fallas de diseño Error humano Fenómenos de origen natural o socio natural Actores externos Condición en la infraestructura
Tipos de Eventos	Derrame Fuga Incendio	Explosión Accidentes de transporte Colapso
Efectos	Químicos o bioquímicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tóxicos</li> <li>• Ecotóxicos</li> </ul> Físicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Térmicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecánicos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrepresión</li> <li>- proyectiles</li> <li>- Impacto</li> </ul> </li> <li>• Colapso</li> </ul>
Afectaciones sobre elementos expuestos	Personas relacionadas directa e indirectamente con la actividad Ambiente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos naturales</li> <li>• Servicios ambientales</li> </ul> Infraestructura	Bienes culturales Infraestructura sectorial Infraestructura pública y privada Recursos económicos Recursos ambientales

Fuente: UNGRD (2018)

### 3.3. El riesgo NATECH

El aumento de población, la demanda creciente de bienes y servicios, la intensificación de actividades económicas y el incremento de eventos de origen natural en los últimos años han llevado a la aparición de riesgos emergentes y al acrecentamiento de cierto tipo de riesgos tecnológicos complejos, con daños cada vez más significativos, dentro de los cuales se incluyen los riesgos NATECH.

El riesgo NATECH es un concepto relativamente reciente en la gestión de riesgos de desastres y deriva su nombre del acrónimo en inglés (Natural Hazard Triggered Technological Accidents) que señala la ocurrencia de accidentes tecnológicos provocados por eventos de origen natural.

En general, un evento NATECH, como lo señalan Steinberg et. al. (2008) implica la liberación de sustancias químicas peligrosas desencadenadas por la ocurrencia de un desastre de origen natural (geológico o hidrometeorológico) que afecta la integridad de equipos de proceso o almacenamiento que contienen dichas sustancias. *La liberación se puede dar en estado gaseoso, líquido o bifásico, y dependiendo de las propiedades de la sustancia, puede generar incendios, explosiones, nubes tóxicas o contaminación ambiental.* Los Natech, sin embargo, también abarcan accidentes tecnológicos de menor envergadura derivados de eventos de origen natural que pueden no llegar al nivel de desastre.

El riesgo NATECH se asume como un tipo de riesgo y amenaza compleja o concatenada, siendo necesario diferenciarlo de amenazas de origen tecnológico relacionadas con el manejo de materiales peligrosos. Steinberg et. al. (2008) han señalado que los eventos NATECH han demostrado que la gestión tradicional de riesgos y la respuesta a emergencias suele ser exacerbada por este tipo de eventos, debido a que no es habitual que estos escenarios se contemplen en los sistemas de planificación y gestión, y por lo tanto muchas veces se desconocen las implicaciones de la ocurrencia conjunta de un evento de origen natural y un accidente tecnológico.

En consecuencia, los Natech se caracterizan por generar fallas simultáneas en diferentes ubicaciones y por ende aumenta la probabilidad de liberaciones de materiales peligrosos múltiples y de forma simultánea. A su vez, por la dimensión de su impacto, los Natech generan la pérdida de servicios vitales que logran obstaculizar el correcto funcionamiento de medidas de seguridad y mitigación. Algunos aspectos de este tipo de riesgos, que es importante diferenciar con otros accidentes industriales o desastres, se listan en la siguiente tabla.

**Tabla 4. DIFERENCIAS DEL RIESGO NATECH CON OTROS ACCIDENTES INDUSTRIALES O DESASTRES**

Riesgo Natech
Diferencias de escala: Debido a que la extensión geográfica de un desastre natural suele ser bastante grande, por ejemplo, la zona de impacto de un huracán, terremoto o inundación puede ser de cientos de kilómetros cuadrados, muchas instalaciones industriales pueden verse afectadas simultáneamente. Por lo tanto, la cantidad de liberaciones puede ser bastante grande y puede sobrepasar fácilmente la capacidad de respuesta disponible.
Problemas de aplicación de medidas de mitigación: Las medidas de mitigación puede que no funcionen correctamente. Los terremotos, por ejemplo, pueden crear brechas en las paredes de los diques de contención, las tuberías que transportan agua para los sistemas de supresión de espuma pueden estar agrietadas, las inundaciones pueden desbordar los tanques de retención secundarios y las válvulas de corte automático pueden fallar debido a la pérdida de energía.
Disponibilidad de equipos de respuesta: Es posible que el personal y el equipo de respuesta no estén disponibles. Además de la posible necesidad de responder a una gran cantidad de liberaciones simultáneas, el personal y su equipo pueden ser llamados a responder a la catástrofe causada por el evento de origen natural, especialmente operaciones de búsqueda y rescate. Es posible que otros miembros del personal no estén disponibles porque desean permanecer cerca de sus familias o porque ellos mismos han resultado heridos. Además, el equipo de respuesta puede haber sido dañado debido al desastre.
Retrasos en la respuesta: El entorno físico creado por el desastre natural puede ralentizar la respuesta y exacerbar sus efectos. Las carreteras pueden ser intransitables para los vehículos de respuesta, las inundaciones pueden impedir que los socorristas lleguen al sitio de liberación o los deslizamientos de tierra pueden envolver áreas donde se almacena el equipo de respuesta. Las personas pueden quedar atrapadas en edificios o en otras áreas de las que no pueden escapar, sometiéndose a los efectos de los productos químicos liberados.
Recuperación más larga y prolongada: La recuperación puede verse significativamente ralentizada por los impactos del desastre natural. La reparación y reconstrucción del equipo dañado, la limpieza del entorno natural contaminado o las estructuras artificiales y la capacidad general de la instalación industrial para reanudar su funcionamiento pueden verse obstaculizadas significativamente por la devastación provocada en la región por el desastre natural.
Diferentes características de respuesta y mitigación a otros accidentes químicos y tecnológicos: Durante peligros naturales de aparición lenta, como grandes inundaciones o huracanes, hay suficiente tiempo de espera para permitir preparativos de emergencia, incluida la evacuación, y esto puede resultar en menos personas potencialmente expuestas si ocurre un NATECH. Las instalaciones industriales ubicadas en áreas bajas peligrosas podrían tomar medidas preventivas como la elevación de químicos reactivos por encima de las alturas de inundación esperadas o el traslado temporal a lugares más seguros fuera de la zona de inundación. Por otro lado, durante las inundaciones de los ríos, las áreas bajas pueden ser evacuadas, pero áreas altas cercanas pueden no hacerlo, lo que deja personas en riesgo si ocurre un NATECH.

Fuente: tomado y adaptado de Steinberg et (2008)

Lo anterior muestra la importancia de que los escenarios Natech se contemplen dentro de los sistemas de gestión de riesgos, tanto desde el punto de vista de las autoridades locales como desde la industria y del sector minero-energético, con miras a identificar y caracterizar las amenazas de origen natural presentes en el territorio donde se desarrollan actividades productivas. Identificar equipos de proceso o zonas de almacenamiento críticos que de ser impactados por un evento de origen natural podrían liberar grandes cantidades de materiales peligrosos y tomar las medidas de preparación, prevención y mitigación necesarias para reducir de manera considerable la severidad de las consecuencias.

Sin embargo, debido precisamente a la envergadura de los impactos que este tipo de escenarios Natech pueden generar, su gestión requiere de esfuerzos colaborativos entre las diferentes partes interesadas (gobierno, industria y comunidad) para que mancomunadamente se trabaje en pro del bienestar, la sostenibilidad y la resiliencia del territorio.



**Para saber  
más**

Si está interesado en indagar más sobre el estado del arte en los riesgos Natech en el mundo se recomienda consultar los materiales European Commission (2004) y Suárez-Paba et al (2019) en el apartado de la bibliografía y en la sección de recursos adicionales de este módulo.



Fuente: archivo Cerrejón

#### 4. ¿Qué métodos cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos asociados a la identificación de peligros y análisis de riesgos en el sector minero-energético conocemos?

Los análisis de riesgo pueden tener diversos grados de detalle, que dependen del tipo de riesgo, el propósito planteado, las circunstancias o la información disponible. En ese sentido, las técnicas y métodos pueden depender de la forma en que se estimen y representen los elementos involucrados en la identificación de peligros y el análisis del riesgo.

En gestión de riesgo hay tres tipos de métodos: cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos, dependiendo de cómo se aborda la posibilidad de la causa y la severidad de sus consecuencias. En el caso de la identificación de peligros y análisis de riesgos en el sector minero-energético, se plantean algunos elementos generales a continuación.

## 4.1. Análisis cualitativos

Los métodos cualitativos abordan valoraciones que tienen como base escenarios de amenaza generalmente asociados con calificaciones de riesgos con parámetros cualitativos como alto, medio o bajo, estas se describen a partir de paletas de colores como, por ejemplo: rojo, amarillo y verde.

Aunque son pocas las técnicas que aplican este tipo de aproximación al análisis del riesgo (por ejemplo, las listas de chequeo), una de las más utilizadas en el sector-minero energético son las matrices de riesgo. En el caso de Ecopetrol, esta entidad ha venido utilizando la Matriz de Evaluación de Riesgos (Risk Assessment Matriz -RAM) (ilustración 7), como herramienta útil de decisión para el manejo de riesgos que impliquen consecuencias para las personas, el ambiente, los clientes y los bienes. Para evaluar el riesgo previo al desarrollo de la actividad se debe seguir la siguiente secuencia:

- *Definir la actividad que requiere evaluar o clasificar.*
- *Estimar las consecuencias potenciales, considerando estas como la consecuencia que puede producirse a raíz de un peligro y dentro de una situación hipotética creíble. Dependiendo del caso que se analiza para la categoría seleccionada.*
- *Determinar la probabilidad de ocurrencia, dependiendo del caso que se analiza para la categoría seleccionada.*
- *Buscar el punto dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia y a la probabilidad determinadas: esa será la valoración del riesgo.*
- *Repetir el proceso para la siguiente categoría hasta que cubra todas las posibles pérdidas: personas, económica, ambiente, clientes y reputación.*
- *Una vez combinada la consecuencia con la probabilidad para cada una de las categorías, se toma la gravedad más alta como la valoración de la actividad.*
- *Establecer el criterio de control de acuerdo al nivel de riesgo. Estos niveles se encuentran vinculados con su respectivo color facilitando la metodología de uso de esta herramienta.*

## Ilustración 7.

### MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS (RISK ASSESSMENT MATRIX- RAM)

Letra	Significado	Traducción
VH	Del inglés Very high	Léase muy alto
H	Del inglés High	Léase alto
M	Del inglés Medium	Léase medio
L	Del inglés Low	Léase bajo
N	Del inglés None	Léase ninguno

CONSECUENCIAS						No ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la empresa o en la industria	Ha ocurrido en la empresa en los últimos 10 años	Sucede varias veces al año en la empresa De probable ocurrencia en un lapso entre 1 y 5 años	Sucede varias veces al año en el departamento Puede ocurrir en el transcurso del año
CATEGORÍAS						PROBABILIDAD				
GRAVEDAD	PERSONAS	ECONÓMICA (USD\$)	AMBIENTAL	CLIENTES	REPUTACIÓN	A	B	C	D	E
5	Una o más fatalidades de trabajadores o incapacidades permanentes a personal de la comunidad	Mayor a 10 millones	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Internacional	M	M	H	H	VH
4	Incapacidad permanente (Total o parcial) de trabajadores o incapacidad temporal de personal de la comunidad.	Mayor a 1 millón y menos o igual a 10 millones	Importante	Pérdida de clientes de mercado sensible o prioritario	Nacional y con rechazo de un grupo de interés	L	M	H	H	H
3	Incapacidad temporal (Mayor o igual a 1 día) de trabajadores u hospitalización en centros asistenciales de personal de la comunidad	Mayor a 10.000 y menos o igual a 1 millón	Localizada	Desabastecimiento y/o pérdida de clientes	Nacional y sin rechazo de un grupo de interés	N	L	M	M	H
2	Lesión menor (Sin incapacidad) en trabajadores o primeros auxilios, sin hospitalización a personal de la comunidad	Mayor a 10.000 y menos o igual a 100.000	Menor	Quejas y/o reclamos	Nacional y baja importancia	N	N	L	M	M
1	Lesión leve de trabajadores (Primeros auxilios)	Menor a 10.000	Leve	Incumplimiento de especificaciones solucionado	Local y baja importancia	N	N	N	L	L
0	Sin lesión	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	N	N	N	N	N

Color	Riesgo	Interpretación
VH	Muy alto	Riesgo intolerable para asumir, requiere buscar alternativas y decide la gerencia.
H	Alto	Inaceptable, deben buscarse alternativas. Si se decide realizar la actividad, deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control. La gerencia está involucrada en la decisión.
M	Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.
L	Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos.
H	Ninguno	Riesgo muy bajo, usar sistemas de control y calidad establecidos (permisos, procedimientos, listas de chequeo, responsabilidades y competencias, elementos de protección personal, etc).

Fuente: Mónico - Muñoz, J., & Rodríguez Mahecha, J. (2019)

La matriz RAM permite realizar una valoración del riesgo por cada una de las categorías, teniendo en cuenta la gravedad y la probabilidad de ocurrencia del evento. Para obtener la valoración final de la actividad se suele contemplar una aproximación del peor escenario, en el cual se toma la severidad más alta, posteriormente la probabilidad y por último el riesgo.

## 4.2. Análisis cuantitativos y semicuantitativos

En términos generales, los análisis cuantitativos contemplan afectaciones en términos de personas, medio ambiente o pérdidas económicas asociadas con riesgos específicos, por lo que tiene como punto de partida la determinación de pérdidas potenciales asociada a la materialización de uno o más riesgos.

En lo referente a los análisis semicuantitativos para el sector, estos se encuentran a mitad de camino entre análisis cualitativos y cuantitativos. Según Universidad de los Andes - ECOPETROL (2015), esta aproximación a la identificación de peligros y análisis del riesgo hace uso de relaciones matemáticas para lograr resultados aproximados de los peligros y riesgos presentes en el sistema y así poder asignarle cierta importancia a los mismos. Un ejemplo de una técnica para identificar los peligros que usa aproximación semi-cuantitativa son el índice de fuego y explosión (FEDI por sus siglas en inglés) y el índice de toxicidad (TDI). Para el caso de análisis del riesgo, la aproximación semicuantitativa más utilizada es el análisis por capas de protección "LOPA" (por sus siglas en inglés Layer Of Protection Analysis).

De otro lado, el análisis cuantitativo del riesgo aplica para la evaluación de riesgos potenciales, cuando el análisis cualitativo no ofrece una comprensión adecuada de los riesgos asociados al sistema. Para llevar a cabo este análisis existe un marco de referencia que incluye:

- *Definición de la secuencia de eventos e incidentes potenciales.*
- *Evaluación de las consecuencias del incidente.*
- *Estimación de las frecuencias de falla potenciales.*
- *Estimación de los impactos sobre las personas, medioambiente y propiedad.*
- *Estimación de riesgo como función de las frecuencias y los impactos.*

En la identificación de peligros suelen utilizarse más las aproximaciones cualitativas y semicuantitativas, lo cual se traduce en que para las técnicas cuantitativas no existe gran variedad. Una de las más utilizadas es el Safety Weighted Hazard Index (SWeHI) el cual introduce términos probabilísticos en la identificación de peligros.



Cuéntenos

- 1) ¿Ha utilizado antes la matriz RAM dentro de su trabajo? ¿Qué reflexiones tiene?
- 2) ¿Qué otros métodos o técnicas cualitativas, semi-cuantitativas o cuantitativas conoce para la identificación de riesgos y peligros en el sector minero-energético?

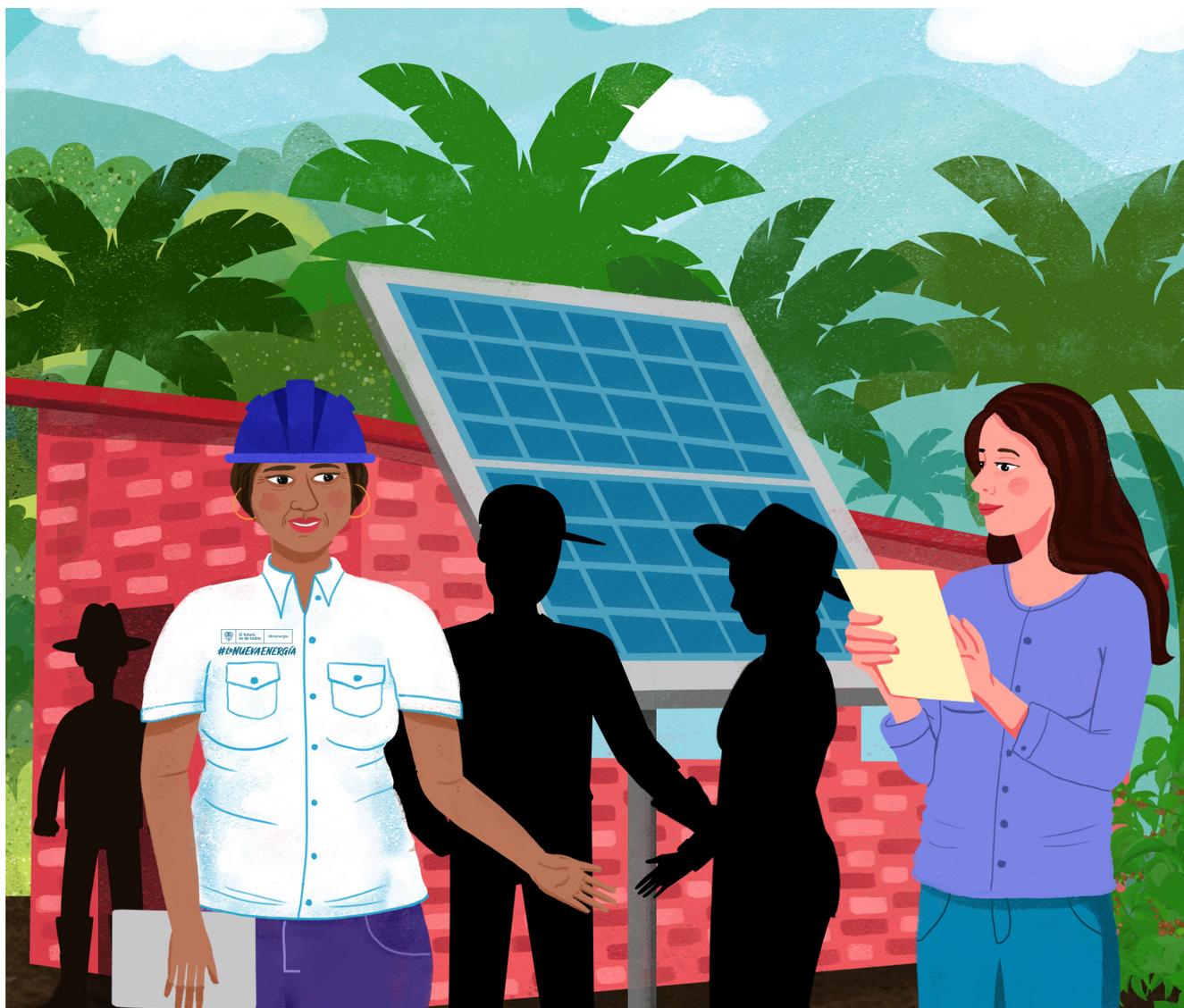
**Para reflexionar**

# CONCLUSIONES DEL MÓDULO

---

1. El riesgo se asume en referencia a eventos potenciales y consecuencias, y el riesgo de desastres como producto de las amenazas y las vulnerabilidades presentes en un territorio. Ambos conceptos plantean similitudes, y en el caso del riesgo de desastres es claro que no existe amenaza sin vulnerabilidad y viceversa.

2. Los marcos teóricos, métodos y técnicas de identificación, análisis de peligros, riesgos y de gestión del riesgo de desastres en el sector minero-energético han avanzado de manera importante en los últimos años. Según lo anterior, se ha identificado que es necesario avanzar en la difusión y comunicación de este conocimiento al interior del sector y con otros actores claves como por ejemplo



Fuente: elaboración propia

autoridades ambientales con el propósito de fortalecer el desarrollo de las actividades del sector en armonía con los territorios.

**3.** Se puede señalar que el sector minero-energético tiene un doble rol en cuanto a la gestión de riesgos: por un lado, tiene una vulnerabilidad ante amenazas presentes en territorio, las cuales debe identificar, analizar y evaluar. Por otro lado, el sector genera en el desarrollo de las actividades de cada subsector escenarios de riesgos que deben ser considerados oportunamente. En uno y otro caso, los escenarios de riesgo pueden cambiar durante la ejecución de la actividad **y pueden comprometer la continuidad del negocio, la competitividad y la seguridad.**

**4.** La seguridad industrial (protección al trabajador), la seguridad de los procesos y la gestión de riesgos de desastres tienen diferencias relacionadas con peligros, escalas y prácticas, pero también coincidencias. Una de estas coincidencias tiene que ver con preocupación común por prevenir, reducir, controlar o evitar fatalidades, daños, accidentes o desastres.

**5.** Los escenarios de riesgo y desastre son cada vez más complejos, y con mayor frecuencia se presentan peligros y amenazas de origen natural y socionatural que al interactuar con otras de origen tecnológico, y en un contexto de cambio climático, producen nuevos escenarios de riesgo y potenciales desastres más complejos. En tal sentido, riesgos complejos como el NATECH representan un reto importante para el sector minero-energético, en términos de caracterización, identificación, análisis y gestión.



# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Beck, U. (1998). La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad. PAIDOS.

Departamento Nacional de Planeación - DNP (2018). Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades. Bogotá D.C., Colombia.

Departamento Nacional de Planeación, Banco Interamericano De Desarrollo. (2014). Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia. Síntesis.

European Comission (2004) State of the Art in Natech Risk Management (NATECH: Natural Hazard Triggering a Technological Disaster

Camacho, O., Muñoz-de-Camacho, S. (2016). Riesgos Tecnológicos: Consideraciones desde la academia. Avances y aplicaciones de sistemas inteligentes y nuevas tecnologías (pp.99-116).

Cannon, T. (2008). Reducing People's Vulnerability to Natural Hazards: Communities and Resilience. Research Paper. No 2008/34.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia, 2010-2011 Bogotá: Misión BID - CEPAL.

Lavell, A. (1999) Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina-LA RED.

Lavell, A. (2007). Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión del Riesgo. Consultora Nacional Spazio Ingeniería y Medio Ambiente; 42 p.

Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. 24 de abril de 2012. D.O. No. 48.411

Mónico- Muñoz, J., & Rodríguez Mahecha, J. (2019). Diseño de un modelo de prácticas y procedimientos de contingencias para la operación de las centrales de procesamiento de fluidos (CPFS) de campo rubiales [tesis de ingeniería, Fundación Universidad de América].

Narváez, L., Lavell, A., Pérez-Ortega, G. (2009) La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos. Comunidad Andina de Naciones.

Muñoz, F., Amaya, R., Romero, P., Arbeláez C. I. (2015). Notas de clase, Modulo 1. Conceptos generales de seguridad de procesos Módulos para la formación de ingenieros en temas relacionados con seguridad de procesos. Universidad de Los Andes, Ecopetrol S.A.

Muñoz, F., Villaba, N., Romero, P., Arbeláez C. I. (2015). Notas de clase, Módulo 3. Técnicas PHA. Módulos para la formación de ingenieros en temas relacionados con seguridad de procesos. Universidad de Los Andes, Ecopetrol S.A.

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). (2021), Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe.

Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). (s.f.). IAEA. Obtenido de IAEA: <https://www.iaea.org/es/recursos/escala-internacional-de-sucesos-nucleares-y-radiologicos-ines>

Organización Internacional de Normalización. (2009). New Standards for the Management of Risk. (ISO 31000:2009 - ISO/IEC 31010 & ISO Guide 73:2009).

Servicio Geológico Mexicano . (s.f.). Gobierno de México. Obtenido de Gobierno de México: [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion\\_complementaria/Escalas-sismos.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion_complementaria/Escalas-sismos.html)

Steinberg, L.J., Sengul, H. & Cruz, A.M. Natech risk and management: an assessment of the state of the art. *Nat Hazards* 46, 143–152 (2008). <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9205-3>

Suarez-Paba, M. C., Perreur, M., Muñoz, F. Cruz, A. M. (2019) Systematic literature review and qualitative meta-analysis of Natech research in the past four decades. *ELSEVIER*. 58-77

Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastre- UNGRD. (2016). La variabilidad climática y el cambio climático en la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Universidad Nacional de Colombia.

Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastre- UNGRD. (2017). Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes 2017.

Unidad nacional de Gestión de Riesgos de Desastres -UNGRD-. (2018). Consolidado anual de emergencias.





El futuro  
es de todos

Minenergía

**#LaNUEVAENERGÍA**



PN  
UD