

GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN EL SECTOR MINERO ENERGÉTICO

IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA



Con el apoyo de:



GUIA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN EL SECTOR MINERO ENERGETICO

IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA

Con apoyo de:

Global Green Growth Institute GGGI – UKPACT



Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD



TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	¿CUÁLES SON LAS CONSIDERACIONES DEL DECRETO 2157 DE 2017?	6
2.1	ASPECTOS GENERALES	6
2.2	PROCESO DE VALORACIÓN DEL RIESGO	8
2.3	POLÍTICA DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES PARA EL SECTOR MINERO ENERGÉTICO.....	10
3	¿CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA?.....	12
3.1	ENFOQUE CONCEPTUAL	12
3.3	TERMINOLOGÍA Y ESTRUCTURA GENERAL	14
3.4	RESULTADOS ESPERADOS DE ESTA GUÍA.....	15
3.5	ETAPAS DEL PROCESO PROPUESTO.....	15
4	PASO A PASO DE LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA	17
4.1	ETAPA I: IDENTIFICAR LOS RIESGOS	17
4.2	ETAPA II: ANALIZAR LOS RIESGOS	20
4.3	ETAPA III: EVALUAR LOS RIESGOS.....	22
4.4	ETAPA IV: IDENTIFICAR MEDIDAS Y ACCIONES PARA EL TRATAMIENTO DEL RIESGO	25
5	PROFUNDIZACIÓN CONCEPTUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA	26
5.1	CONSIDERACIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO	26
5.2	CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO	30
6	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO COMO INSUMO PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO.....	37
	FORMATO - 1.....	42
	FORMATO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO	42
	FORMATO - 2.....	44
	FORMATO PARA LA DEFINICIÓN DE SITUACIONES.....	44
	DE PELIGRO	44
	FORMATO - 3.....	46
	FORMATO PARA IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE CONSECUENCIAS.....	46

FORMATO – 4.....	47
CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ RAM.....	47
FORMATO-5.....	50
ANEXO A. TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	52
ANEXO B. TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO	56
DEFINICIONES.....	64
SIGLAS.....	69
REFERENCIAS	70

APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO: Implementación práctica

1 Introducción

El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) fue adoptado en el año 2012 mediante la Ley 1523. En su artículo 8, esta Ley establece que hacen parte del SNGRD las entidades públicas que tienen responsabilidad en la gestión del desarrollo social, económico, ambiental sostenible, en los ámbitos sectoriales, territoriales, institucionales y de proyectos de inversión; así como las entidades privadas con ánimo y sin ánimo de lucro por su intervención en el desarrollo a través de sus actividades económicas, culturales, participativas y comunitarias. Explícitamente en el artículo 42 se establece que:

"Todas las entidades públicas y privadas encargadas de la prestación de servicios públicos, que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre para la sociedad, así como las que específicamente determine la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como los que se deriven de su operación. Con base en este análisis diseñarán e implementarán las medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia que serán de su obligatorio cumplimiento."

En este contexto, el Decreto 2157 de 2017 y la Guía técnica que facilite la implementación de los planes de gestión del riesgo de desastres de entidades públicas y privadas – PGRDEPP (CRC; UNGRD, 2021), señalan que las entidades cabeza de sector pueden generar lineamientos para , para implementación de estos planes y para los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de los desastres mediante las siguientes actividades; es este sentido se hace mención a lo siguiente (CRC; UNGRD, 2021):

- a) Definir criterios y variables que permitan determinar las condiciones de riesgo de desastre en las actividades generadas por entidades públicas y privadas que son reguladas por el sector.
- b) Regular contenidos o requisitos adicionales frente a componentes específicos que se requieran para la implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastres.
- c) Determinar acciones de acompañamiento a las entidades públicas y privadas o de regulación durante las fases de implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastres

planteados en los PGRDEPP y/o en los instrumentos específicos del sector (p.ej. Plan de Gestión del Riesgo -PGR- en el marco del proceso de licenciamiento ambiental ANLA). (Procesos que actualmente son regulados y monitoreados por autoridades de otros sectores como ANLA- Sector Ambiente y Superservicios – Sector planeación).

- d) Promover de la mano con los órganos de control del estado la implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastres.

Para soportar cada uno de estos elementos, el sector minero energético cuenta con su propia Política de Gestión del Riesgo de Desastres, la cual plantea una estructura y plan de acción que permitirá abordar los procesos de la GRD en el marco de las actividades de cada subsector. Particularmente esta guía se centra específicamente en el numeral (b) “Regular contenidos o requisitos adicionales frente a componentes específicos que se requieran para la implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastres”, en el cual se resalta la necesidad de fortalecer el conocimiento del riesgo, de manera que el ministerio pueda: i) definir requerimientos específicos para la valoración y los análisis del riesgo en términos de escalas, metodologías y recursos; y ii) determinar orientaciones y estándares para la evaluación del riesgo y para la identificación de medidas de intervención a desarrollar en el proceso de reducción del riesgo.

Cabe resaltar que estas orientaciones son indicativas y no vinculantes, por lo que la responsabilidad de la implementación de la propuesta presentada en este documento no recae sobre el Ministerio de Minas y Energía.

En consecuencia, esta guía tiene como propósito orientar a las entidades público – privadas en el desarrollo del proceso de conocimiento del riesgo en términos de la identificación, análisis, evaluación y valoración de los escenarios de riesgo de desastres, de acuerdo con los requerimientos establecidos en el Decreto 2157 de 2017 y la Ley 1523 de 2012, con el fin de generar un marco de referencia sectorial para el cumplimiento de requisitos en los procesos de licenciamiento y gestión territorial (p.ej. PGRDEPP, PGR).

Dentro de este contexto, el Ministerio de Minas y Energía como entidad del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y cabeza del sector minero-energético y en alianza con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) busca mediante esta guía orientar y fortalecer a las empresas y operadores del sector en la implementación de los procesos de conocimiento del riesgo, particularmente asociado a la identificación de escenarios de riesgo y su posterior análisis y evaluación para pequeñas y medianas empresas que no estén familiarizadas con estos procesos.

Además, este Ministerio quiere contribuir a que se genere un consenso entre las entidades adscritas, agremiaciones, autoridades y empresas para utilizar metodologías de análisis y evaluación de riesgos, de manera que sean armónicas y respondan a las necesidades de diversos actores.



2 ¿CUÁLES SON LAS CONSIDERACIONES DEL DECRETO 2157 DE 2017?

2.1 Aspectos generales

El Decreto 2157 de 2017 reglamentó el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012 estableciendo el marco regulatorio dirigido a los responsables de realizar el PGRDEPP como mecanismo para la planeación del desarrollo seguro y sostenible de la actividad desde la gestión del riesgo de desastres. Lo anterior, permitiéndoles, identificar, priorizar, formular, programar y hacer seguimiento a las acciones necesarias de conocimiento y reducción del riesgo (actual y futuro) de sus instalaciones y de aquellas derivadas de su propia actividad u operación que pueden generar daños y pérdidas a su entorno, entre otras actividades, en el marco de la GRD, con el objetivo de que las entidades públicas y privadas puedan consolidar su Sistema de Gestión Integral del Riesgo (CRC; UNGRD, 2021).

Este decreto aplica a todas las entidades que desarrollen sus actividades en el territorio nacional, encargadas de la prestación de servicios públicos, que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre debido a eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, bio-sanitario o humano no intencional.

El término *desastre* caracteriza un nivel de pérdidas dentro de un contexto específico. En particular, es una forma de describir un nivel de consecuencias desproporcionado con respecto a la situación presente del sistema. De acuerdo con la Ley 1523, 2012, se señala lo siguiente:

“Un 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.”

El concepto de desastre está relacionado con él subsector y él contexto en él cuál realiza sus actividades, debe circunscribirse a las particularidades de cada actor del sector. Los actores y cadenas de valor (p.ej., en el caso de las actividades de: generación, transmisión, distribución) cumplen un rol diferente dentro del proceso y por ende su participación es distinta, en términos de activos e impactos sobre él medio ambiente, entre otros. En consecuencia, el concepto de desastre es subjetivo al tamaño de cada uno de los actores. Por lo tanto, la valoración del riesgo debe ajustarse al tamaño de los actores y al impacto que puede derivarse de la ocurrencia de un evento accidental. La identificación de escenarios con potencialidad de desastre se debe realizar por subsector y de manera específica por cada actividad. Deben tomar en cuenta el contexto externo en él cual se realizan las operaciones y utiliza la definición nacional de desastre incluida en la Ley 1523 de 2012 en cuanto a la magnitud de las afectaciones: alteración intensa, grave y extendida.

Así, en el Decreto 2157 se describen los contenidos y el desarrollo general que se debe aplicar para incorporar los procesos de gestión del riesgo de desastres a nivel de instalaciones, entidades y/o empresas. En cuanto al proceso de conocimiento del riesgo (artículo 2.3.1.5.2.1.1. numeral 1) se establece que su finalidad es proveer la base temática para desarrollar e implementar los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastres; en este sentido, sienta las bases para el desarrollo armónico y coherente del PGRDEPP y es allí donde radica su importancia. Para este proceso el decreto contempla tres actividades fundamentales:

- a) Establecimiento del contexto
- b) Valoración del riesgo¹
- c) Monitoreo del riesgo

La Figura 1 presenta las tareas principales asociadas a cada una de estas actividades en el marco del conocimiento del riesgo. Sin embargo, esta guía se enfoca en el proceso de valoración del riesgo y sus componentes, se centra en aproximaciones para: 1) la identificación del riesgo, 2) el análisis del riesgo y 3) la evaluación del riesgo, de manera que esta guía se constituya como una herramienta para el fortalecimiento de capacidades en las empresas del sector en esta materia. Se incluye un paso adicional orientado a la identificación preliminar de medidas y acciones para el tratamiento del riesgo como insumo inicial para el desarrollo del proceso de reducción del riesgo.



Figura 1. Elementos del proceso de conocimiento del riesgo y sus componentes de acuerdo con el Decreto 2157.

¹**Valoración del riesgo:** La valoración del riesgo incluye la identificación del riesgo, el análisis del riesgo y la evaluación del riesgo, concordante con el análisis y evaluación del riesgo en la Ley 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre (Decreto 2157, 2017).

2.2 Proceso de valoración del riesgo

El Decreto 2157 de 2017 busca coordinar, armonizar y comunicar a los distintos actores del SNGRD los procesos de gestión del riesgo que han establecido los públicos y privados en el marco de su responsabilidad, así como "suministrar la información pertinente para ser integrada por él ente territorial en sus Planes de Gestión del Riesgo de Desastres y su Estrategia de Respuesta a Emergencias.

Asimismo, tiene como propósito establecer las respectivas sinergias con las entidades del SNGRD, desde la identificación y reconocimiento de aquellos escenarios de riesgo de desastres que pueda afectar la actividad de la empresa, con el propósito de avanzar en un modelo de desarrollo sostenible de la empresa y del territorio, a través de la implementación de acciones en conjunto en términos de sus competencias y del principio de concurrencia establecido en la Ley 1523 de 2012.

Para la construcción de los PGRDEPP, el procedimiento general, señalado en el mencionado decreto, incluye las siguientes actividades (CRC; UNGRD, 2021):

- a) Revisar los parámetros establecidos por la o las entidades rectoras del sector de tal forma que la entidad pública o privada logre definir si sus condiciones de riesgo pueden llegar a generar una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad.
- b) Realizar para cada sede o instalación la identificación preliminar del riesgo de desastres en función de los siguientes escenarios:
 - Eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, bio-sanitario o humano no intencional que afectan la actividad,
 - El desarrollo de la actividad que afecta al entorno donde ésta se encuentra ubicada,
 - Eventos físicos peligrosos que afectan la actividad y ésta a su vez desencadena en afectaciones al entorno.

Para tal fin, el Ministerio de Minas y Energía, como un primer paso, ha formulado la política sectorial de GRD (resolución 40411 de 2021), en dónde se han identificado y priorizado algunos escenarios de riesgo que pueden constituir escenarios de desastre para los diferentes subsectores.

- c) Analizar las causas y consecuencias de la materialización de los escenarios identificados en la política².
- d) Finalmente, estimar de manera preliminar, de forma cualitativa y/o cuantitativa, los daños y pérdidas en bienes económicos, sociales y/o ambientales, que al materializarse pueden llegar a generar una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad.

Dentro de este contexto, la guía busca orientar a los analistas de riesgo, los grupos y/o profesionales encargados de la gestión del riesgo en las empresas del sector en cuanto al proceso de valoración de riesgo, el cual incluye: 1) identificación de escenarios de riesgo, 2) análisis del riesgo y 3) evaluación del riesgo de desastres; describiendo el ¿qué?, ¿para qué? y el ¿cómo?, tal como se

²https://www.minenergia.gov.co/documents/9391/3._Pol%C3%ADtica_de_Gesti%C3%B3n_del_Riesgo_de_Desastres_del_Sector_Minero_Energ%C3%A9tico.pdf

presenta

en

la



Figura 2 en dónde se responde brevemente a estas preguntas.



Figura 2. Abordaje de las etapas de la valoración del riesgo a lo largo de esta guía metodológica.

De acuerdo con lo anterior, es importante reconocer que los PGRDEPP son el punto de partida para establecer un relacionamiento con las entidades del SNGRD en términos de la gestión del riesgo de desastres y sus instrumentos de planificación.

2.3 Política de gestión del riesgo de desastres para el sector minero energético

Los esfuerzos de Colombia para fortalecer sus capacidades en gestión de riesgo, según las premisas del Marco Sendai para la Reducción de Riesgo de Desastres, han llevado al país a desarrollar diferentes iniciativas en este sentido, incluyendo las capacidades mínimas para la GRD en el ámbito municipal, departamental y sectorial. En particular, el sector minero energético, en cabeza del Ministerio de Minas y Energía (MinEnergía) ha adelantado esfuerzos para incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en su hoja de ruta y lograr que ésta sea concebida como una variable fundamental en los procesos de planificación y toma de decisiones, con el fin de soportar el crecimiento, desarrollo y sostenibilidad de sus actividades.

Para lo anterior, el MinEnergía en alianza con el PNUD formuló la política sectorial de GRD (PGRDSME) que establece la hoja de ruta de largo plazo para fortalecer institucionalmente la gestión del riesgo de desastres en el sector. El enfoque de esta política busca soportar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos y mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo, tal como lo establece la Ley 1523 de 2012.

La estructura de la Política de Gestión del Riesgo de Desastres del Sector Minero Energético (PGRDSME) mostrada en la Figura 3, presenta sus tres componentes a saber: 1) general, 2) estratégico y 3) programático. Estos reflejan el desafío que el país ha decidido afrontar para fortalecer la eficiencia, competitividad, confiabilidad y sostenibilidad del sector minero energético, asociado principalmente a las oportunidades de mejora respecto a las capacidades técnicas del sector, la falta de lineamientos y procesos claros para la implementación adecuada de la GRD en el sector minero energético. La PGRDSME es un instrumento para robustecer los procesos de la GRD, mediante la prevención ante escenarios dinámicos y cambiantes; aumentando la resiliencia de los subsectores, empresas y territorios donde el SME desarrolla sus actividades.



Figura 3. Estructura de la PGRDSME. Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2021)

Metas de la política sectorial de GRD

El proceso de valoración del riesgo contribuye al logro de los objetivos y metas propuestas en la política sectorial de GRD, puesto que permiten su evaluación en el tiempo. Estas metas incluyen:

- **Meta 1:** Reducir la mortalidad causada por eventos de origen tecnológico, natural y Natech en el sector ME, por debajo del 30% de las tasas de mortalidad reportadas en los últimos 10 años (TERCER valor ordenado de menor a mayor en el decenio anterior).
- **Meta 2:** Reducir las personas afectadas directamente por eventos de origen tecnológico, natural o Natech del sector minero energético, por debajo del 30% de las tasas de afectación reportadas en los últimos 10 años (TERCER valor ordenado de menor a mayor en el decenio anterior).
- **Meta 3:** Reducir las pérdidas económicas directas del SME generadas por emergencias, contingencias y/o desastres de origen tecnológico, natural y Natech en el SME, por debajo del 30% de las pérdidas reportadas en los últimos 10 años (TERCER valor ordenado de menor a mayor en el decenio anterior).
- **Meta 4:** Reducir el número de emergencias, contingencias y/o desastres generados por las actividades del SME que afecten la biodiversidad y sus sistemas ecosistémicos, por debajo del 30% de los eventos anuales reportados en los últimos 10 años (TERCER valor ordenado de menor a mayor en el decenio anterior).



3 ¿CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA?

En este capítulo se presenta el paso a paso propuesto para que en el marco del proceso de conocimiento del riesgo se adelante la valoración de riesgos de las empresas y operadores que administran o tienen instalaciones del sector minero energético.

El procedimiento descrito debe entenderse como una propuesta de referencia y se diseñó para que pueda modificarse o complementarse de tal manera que permita capturar aspectos específicos del sistema que se está evaluando. El requisito más importante de esta guía es que todos los análisis deben estar debidamente documentados.

3.1 Enfoque conceptual

El procedimiento que se presenta está sustentado en los siguientes preceptos:

- El insumo principal para una valoración de riesgos confiable es la documentación del proceso de análisis. Esta documentación debe incluir, al menos, información en las siguientes tres dimensiones: i) características del sistema que se va a estudiar³; ii) descripción del entorno frente al tipo de eventos que pueden causar una pérdida de materiales o energías peligrosas, o la suspensión de la prestación de un servicio derivado de las actividades del sector; y iii) naturaleza de los tipos de pérdidas esperadas. Vale la pena mencionar que los informes, opiniones y evaluación de expertos pueden ser un buen insumo para identificar escenarios de baja probabilidad como lo son los desastres.
- La propuesta es suficientemente flexible para que pueda ajustarse a un amplio espectro de empresas y necesidades. En otras palabras, permite su implementación en empresas que difieren en su naturaleza y tamaño; además, permite la utilización de múltiples herramientas de análisis, de acuerdo con los recursos y las necesidades de evaluación. Por último, permite valorar el riesgo dentro del contexto de cada empresa.
- El proceso de evaluación y las herramientas utilizadas en el análisis de riesgos deben ser consistentes con el alcance de las decisiones que se van a tomar. Esto requiere de una caracterización muy cuidadosa del tipo de evidencia requerida y de la naturaleza del tomador de decisiones.

³ Se entiende por sistema aquella unidad de negocio, activo de la empresa, infraestructura, equipos o el conjunto de todos los elementos sobre los cuales se realiza el análisis y evaluación del riesgo.

- La propuesta debe entenderse como una forma de establecer una línea base sobre la situación actual de la empresa, dentro del contexto del riesgo de desastres. Es deseable que los resultados que se deriven de este estudio conduzcan a la elaboración de análisis más detallados para aquellos escenarios que lo requieren, y a la definición de estrategias de monitoreo.
- Por último, permite valorar el riesgo dentro del contexto de cada empresa. Adicionalmente, esta guía se ajusta a las exigencias establecidas en la Ley 1523 de 2012 para el conocimiento y reducción del riesgo y manejo de desastres, y responde a una de las actividades propuestas del plan de acción de la Política de Gestión del Riesgo de Desastres del Sector Minero Energético adoptada a través de la Resolución 40411 de 2021.

Ahora bien, otro aspecto importante a considerar es la relación que existe entre la gestión del riesgo de desastres y el cambio climático, más si se tiene en cuenta que las medidas de adaptación al cambio climático son el proceso de ajuste de los efectos presentes y esperados de este fenómeno (Ley 1931 de 2018), lo que se traduce en acciones para disminuir vulnerabilidades, aumentar capacidades, resistencia y resiliencia de las sociedades frente a las amenazas climáticas. Estos aspectos son considerados como medidas que contribuyen a la reducción del riesgo de desastres. En este sentido, se ha avanzado en la compilación de información a escala nacional sobre amenazas y exposición de la infraestructura del sector que será dispuesta en un repositorio de información.

Sobre este tema desde el Ministerio de Minas y Energía a través del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero energético PIGCCME se ha avanzado en la identificación, evaluación y orientación para la incorporación de estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y de adaptación al Cambio Climático en la planeación sectorial.

Como parte de la implementación de esta política se ha desarrollado unos lineamientos para la elaboración de Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático empresariales PIGCCe que buscan guiar a las empresas del sector minero energético en la identificación, definición, implementación y seguimiento de iniciativas o medidas para la gestión del cambio climático asociadas: i) al Abatimiento de Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); ii) reducción y manejo de los Riesgos Climáticos; y iii) medios de implementación (o acciones de gobernanza).

En consecuencia, existe una relación de complementariedad entre los lineamientos y esta guía, como se muestra en la Figura 4. Por un lado, los lineamientos para los PIGCCe se enmarcan en unos riesgos específicos, los de tipo Hidrometereológico y de escenarios prospectivos de cambio climático, mientras que desde la óptica de la GRD se debe tener mayores consideraciones a fin de abordar todos los riesgos incluidos los tecnológicos y NATECH.

Por otra parte los niveles de gestión también presentan diferencias; puesto que si bien lo ideal es que tanto la GRD como la gestión del Cambio Climático tengan una orientación desde la alta dirección de las compañías o empresas, en la GRD el análisis de escenarios de riesgo se circunscribe con mayor énfasis en la gestión de los proyectos e instalaciones; mientras que la gestión del cambio climático considera las decisiones de largo plazo tanto internas como externas a la empresa para garantizar su sostenibilidad en el tiempo.

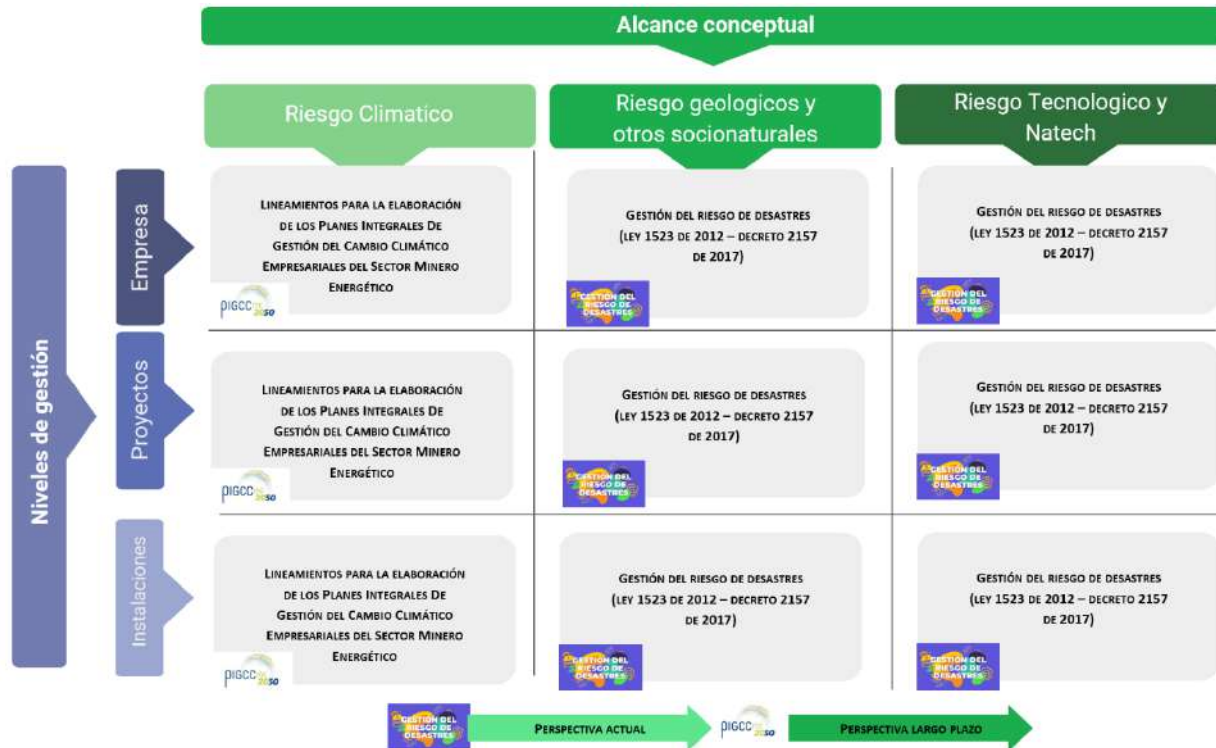


Figura 4 Relación entre los lineamientos para la elaboración de Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático empresariales y la Gestión del Riesgo de Desastres.

3.3 Terminología y estructura general

Para efectos de dar claridad sobre la terminología utilizada en esta guía, es preciso mencionar que se correlaciona con aquella utilizada en el Decreto 2157, el cual a su vez ha utilizado como referencia la norma ISO 31000 de 2009, esta misma norma se toma como referencia para la presente guía, pese a existir una nueva versión del 2018, con el ánimo de ser consistentes con la terminología utilizada.

Teniendo en cuenta lo anterior, los conceptos de valoración y evaluación del riesgo se han invertido debido a la traducción que se realizó del inglés al español y, por lo tanto, estos conceptos se manejan según la norma ISO 31000 de 2009, tal como se muestra en la Figura 5. No obstante, cada entidad pública o privada podrá utilizar estos términos tal como se plantea en esta guía o de forma invertida alineados con la norma ISO 31000 de 2018.

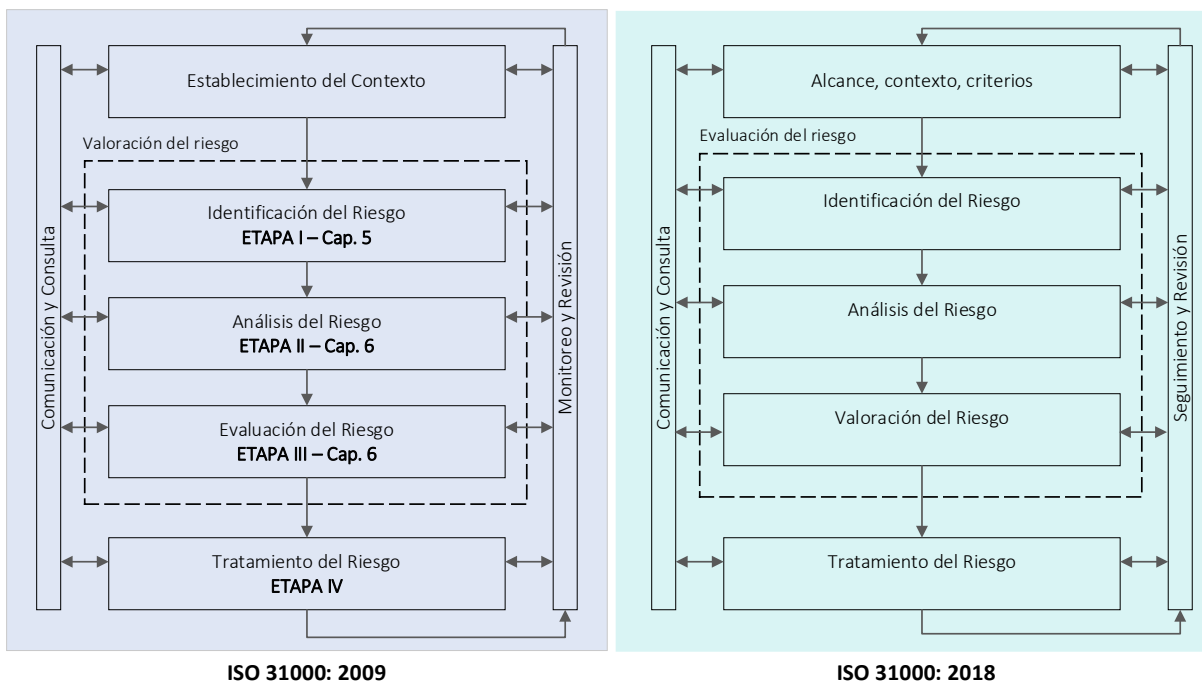


Figura 5. Comparación de terminología de los procesos para la gestión del riesgo según norma ISO 31000: 2009 e ISO 31000:2018

3.4 Resultados esperados de esta guía

El resultado concreto que se obtiene si se utiliza esta guía es:

1. Soporte documental de cada una de las etapas del proceso de valoración del riesgo que permite reconocer y caracterizar el nivel de exposición actual de la empresa, de acuerdo con lo establecido en el decreto 2157 de 2017 y en coherencia con lo establecido en la norma ISO 31000.
2. Identificación clara de los escenarios de riesgo de desastre y su impacto sobre sus instalaciones, la cadena de valor y el entorno.
3. Revisión inicial sobre la capacidad de la empresa para la gestión, entiéndase reducción y mitigación del riesgo de desastres; y un plan inicial de acción, esto como punto de partida para el desarrollo del proceso de reducción del riesgo de desastre que se debe implementar según lo establecido en el decreto 2157 de 2017

3.5 Etapas del proceso propuesto

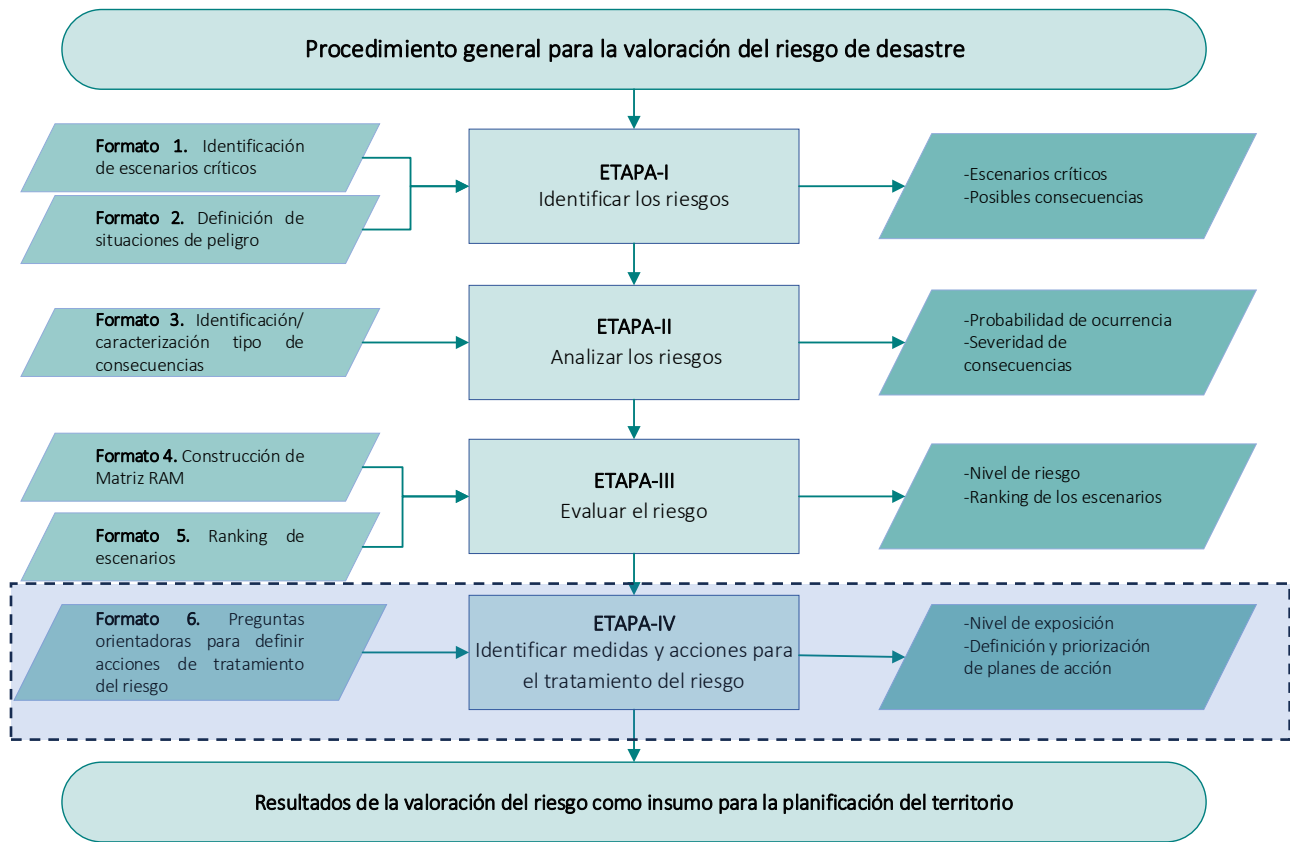
El procedimiento general para la valoración del riesgo de desastres que se propone en esta guía se divide en cuatro etapas:

- ETAPA-I: Identificar los riesgos
- ETAPA-II: Analizar los riesgos.
- ETAPA-III: Evaluar los riesgos.
- ETAPA-IV: Identificar medidas y acciones para el tratamiento del riesgo.

En la

Si bien conceptualmente esta Fase no hace parte en estricto sentido del proceso de evaluación y valoración del riesgo se incorporó para dar cierre a esta parte y que los resultados de este proceso sean considerado para el diseño y ejecución del proceso de reducción del riesgo según lo dispuesto en el decreto 2157 de 2017

Figura 6 se presenta un esquema general de la propuesta metodológica para la aplicación práctica de la metodología propuesta.



Si bien conceptualmente esta Fase no hace parte en estricto sentido del proceso de evaluación y valoración del riesgo se incorporó para dar cierre a esta parte y que los resultados de este proceso sean considerado para el diseño y ejecución del proceso de reducción del riesgo según lo dispuesto en el decreto 2157 de 2017

Figura 6. Paso a paso para la valoración de escenarios de riesgo.

Asimismo, la presente guía reconoce la Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes elaborada por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en el año 2017, cuyo objetivo del documento consiste en implementar un acuerdo de términos o definiciones sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes, que contribuya al desarrollo coherente y coordinado de las acciones misionales ejecutadas por los actores del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia.

4 PASO A PASO DE LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA

4.1 ETAPA I: Identificar los riesgos

Objetivo: Definir y caracterizar el sistema sujeto de estudio y los riesgos a los que está sometido, es decir recolectar evidencia, a partir de información primaria y secundaria, para identificar el conjunto de escenarios factibles de desastre que que pueda afectar la instalación, su propia actividad, la cadena de valor, y aquellos escenarios de riesgo generados por la empresa que pueda afectar al territorio, las comunidades y ecosistemas. Esto permitirá determinar los elementos expuestos de mayor importancia en la instalación o la cadena de valor de la empresa.

Resultado: Identificar los riesgos a los que están sometidas sus instalaciones y aquellos asociados a su operación. Esto significa conocer y caracterizar los escenarios de riesgo y las posibles consecuencias. Además, debe existir claridad sobre el uso de la información derivada de los análisis de riesgo dentro de procesos de toma de decisiones al interior de la empresa.

Pasos de la etapa:

1. **Definición del problema.** Describir el problema en una frase que incluya los siguientes elementos: i) El propósito del sistema⁴ y la descripción de su funcionamiento básico; ii) clientes – quienes se benefician del funcionamiento del sistema; iii) actores – quienes hacen posible el funcionamiento del sistema; iv) dueños – quienes toman las decisiones dentro del sistema; y v) el entorno – contexto físico, social, jurídico, financiero, etc.
2. **Caracterización del tipo de decisión.** Identificar claramente i) para qué se va a utilizar la información (evidencia) que se obtenga del análisis de riesgo; ii) quién (persona responsable) va a tomar la decisión con esa información. Se sugiere tener en cuenta lo dispuesto en el ANEXO A.
3. **Determinación de la metodología a utilizar para la identificación del riesgo.** Analizar las metodologías que actualmente se implementan en los sistemas de gestión del riesgo de la empresa y validar si son aplicables y/o pertinentes para la identificación de los riesgos internos y externos. De lo contrario, referirse al ANEXO B. TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO para seleccionar aquella metodología que se ajuste a la cantidad y calidad de la información existente.
4. **Identificación de escenarios de riesgo.** La metodología propuesta requiere una identificación cuidadosa de posibles escenarios de daño y/o pérdidas, teniendo en cuenta las amenazas existentes tanto al interior de cada empresa como en su entorno (Figura 7) y los elementos expuestos, así como amenazas prospectivas que incluyen la variabilidad y cambio climático encontrando así una correlación con el PICCGME y con el documento “Lineamientos para la elaboración de los Planes Integrales De Gestión del Cambio Climático Empresariales del Sector Minero Energético PIGCCe” (Minenergía, 2022), donde se contemplan los análisis de riesgo para fenómenos asociados a la variabilidad climática y a los escenarios de cambio climático.

Cabe mencionar que el Ministerio de Minas y Energía cuenta con una Guía Empresarial que permite una primera identificación general de análisis de riesgos climáticos, vista desde la necesidad de adaptación al cambio climático⁶. En el caso en que la empresa no cuente con históricos de los fenómenos amenazantes, puede remitirse a los datos territoriales a escala municipal que entregan las entidades. Los elementos constitutivos de un escenario son:

- a. *Conjunto de subsistemas o componentes.* Inventario de elementos expuestos según lo descrito en el FORMATO -1
- b. *Definición de situaciones de peligro específicas.* Construir un inventario de condiciones internas o externas que puedan conducir a la ocurrencia de un nivel de pérdida importante. Para facilitar esta tarea se sugiere utilizar como guía el **FORMATO - 2.**

TEN EN CUENTA...

Es importante distinguir entre las condiciones internas presentadas en el FORMATO – 1 Y FORMATO – 2. En este sentido, la UNGRD en Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes publicada en el 2017, estableció cuales fenómenos pueden generar riesgo de desastre en el país. En la figura 8 se presenta una adaptación basada en este documento, así como las amenazas que se abordan desde la óptica de la gestión del Cambio Climático (Lineamientos para la elaboración de los Planes Integrales De Gestión del Cambio Climático Empresariales del Sector Minero Energético PIGCCe)

- c. *Caracterización de medidas de prevención y mitigación.* Identificar qué tipo de medidas de prevención y mitigación tiene la empresa, implementadas en la actualidad, asociadas a los riesgos identificados, de manera que más adelante se pueda analizar en qué medida la existencia de estas puede disminuir el nivel del riesgo.
- d. *Identificación del tipo de consecuencias.* La empresa deberá definir el tipo de pérdidas (p.ej., económicas, ambientales, vidas, suministro del servicio de energía eléctrica, combustibles, etc.) que se van a considerar en el análisis. Un escenario puede estar asociado a varios tipos de pérdidas.



Figura 7 Amenazas de diferente origen y consecuencias a evaluar a considerar . Adaptado de: (UNGRD, 2017).

Algunas herramientas y metodologías que se pueden utilizar como apoyo para la implementación de esta etapa se presentan en la Figura 8. Mayores detalles se pueden consultar en el ANEXO B.

Herramientas para establecer consensos partes interesadas	Herramientas para la identificación del riesgo	Herramientas para determinar eventos generadores de riesgo	Herramientas de análisis de controles/barreras
<ul style="list-style-type: none"> • Luvia de ideas • Técnica Delphi • Técnica del grupo nominal • Entrevistas estructuradas o semiestructuradas • Encuestas 	<ul style="list-style-type: none"> • Listas de control, clasificaciones y taxonomías • Análisis de modos y efectos de falla (FMEA) • Modos de falla, efectos y análisis de criticidad (FMECA) • Estudios de riesgos y operabilidad (HAZOP) • Análisis de escenarios • Técnica hipotética estructurada (SWIFT) 	<ul style="list-style-type: none"> • Árboles de falla y árboles de eventos • Enfoque cindínico • Método de análisis de Ishikawa (espina de pescado) • Metodologías de análisis de controles/barreras: • Análisis de corbatín • Análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) • Análisis de capas de protección (LOPA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de corbatín • Análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) • Análisis de capas de protección (LOPA)

Figura 8. Técnicas o heramientas útiles para la identificación del riesgo



¡TEN EN CUENTA!

Que el alcance del decreto 2157 de 2017 establece que la identificación de escenarios debe ser exhaustiva con el fin de cubrir todas las posibilidades, en este sentido es importante considerar las amenazas que pueden afectar las instalaciones del sistema y los eventos que pueden ocasionar afectaciones al entorno.

4.2 ETAPA II: Analizar los riesgos

Objetivo: Identificar los escenarios en los cuales existe un riesgo de desastre, con el ánimo de determinar las probabilidades de las pérdidas posibles determinar su posibilidad (probabilidad) de ocurrencia y estimar la severidad de sus consecuencias.

Resultado: Como resultado de esta etapa, para cada escenario analizado, la empresa generará un estimativo de la posibilidad de ocurrencia y la severidad de las consecuencias de cada escenario identificado en la ETAPA – I. Esta información se utilizará posteriormente en la ETAPA III para calificar el nivel de riesgo y clasificar los escenarios de acuerdo con su criticidad.

¡NO OLVIDES!

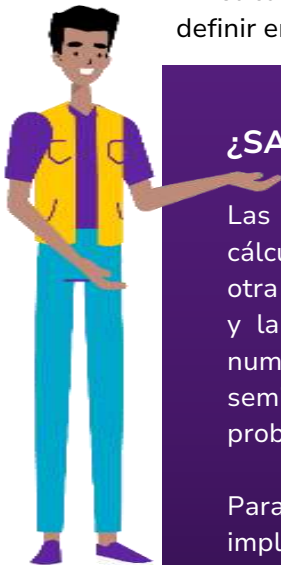
Registra los escenarios potenciales en tu empresa, tanto internos como aquellos que pueden tener impactos en los alrededores de las instalaciones



Pasos de la etapa:

1. **Tipo de análisis.** Cada empresa definirá, de acuerdo con la información disponible, su experiencia y los recursos disponibles, la mejor herramienta para la evaluación del riesgo. Los métodos de análisis pueden ser de naturaleza cualitativa, semi-cuantitativa o cuantitativa. Cualquier método que se seleccione debe ser sistémico, repetible y exhaustivo.
2. **Determinar la posibilidad de ocurrencia de los escenarios.** Esta actividad tiene como propósito definir qué tan factible es la ocurrencia de cada escenario. La medida más común de esa factibilidad es la probabilidad.

La probabilidad de ocurrencia de un evento accidental es una medida de la posibilidad de que ocurra un evento. En un análisis cuantitativo se evalúa en términos de probabilidad; esto es, un valor entre cero y uno, donde cero implica que el evento no ocurre y uno lo contrario. En el caso de los métodos semi-cualitativos y semi-cuantitativos, estos límites se pueden definir en escalas arbitrarias, debidamente justificadas.



¿SABÍAS QUE?

Las técnicas cualitativas estiman la posibilidad de ocurrencia sin entrar en un cálculo riguroso, y califican el riesgo mediante rangos (mayor incertidumbre). Por otra parte, las aproximaciones cuantitativas implican el cálculo de la probabilidad y la estimación de las consecuencias, y califican el riesgo mediante valores numéricos (menor incertidumbre) (Marx & Cornwell, 2001). Las aproximaciones semi-cuantitativas generalmente conllevan un cálculo simplificado de probabilidades y una estimación no detallada de las consecuencias.

Para la aplicación de técnicas cuantitativas o semi-cuantitativas se debe primero implementar métodos cualitativos. De estos últimos se deriva una lista priorizada de escenarios probables que requieren mayor nivel de análisis, bien sea por su incertidumbre o las consecuencias que conlleva su materialización.

3. **Estimación de consecuencias.** Esta actividad se divide en dos partes. La identificación de afectaciones sobre elementos potencialmente expuestos (p.ej., personas, infraestructura, ambiente, zonas productivas, reputación de la empresa (este de reputación se sugiere quitar), entre otros) y la severidad de dichas consecuencias si se materializa el escenario. Para definir la severidad, es necesario primero identificar y reconocer explícitamente la existencia de controles Ver (etapa – I) que pueden disminuir la severidad de las consecuencias. Al ser el riesgo una combinación de probabilidad y consecuencia, el análisis de consecuencias se convierte en parte fundamental del proceso de gestión de riesgos.

4. **Análisis de riesgo.** La estimación del riesgo para cada escenario es el resultado de la combinación de “posibilidad” de materialización de un evento y las consecuencias que se derivan de su ocurrencia. Para este propósito se puede utilizar como guía el FORMATO - 3. El objetivo es describir el riesgo asociado a cada escenario de acuerdo con la expresión: “<Nivel> de pérdidas <tipo de pérdidas> esperadas para el <escenario analizado>”.

Las técnicas o herramientas que se pueden utilizar como apoyo para la implementación de esta etapa se presentan en la Figura 9. Mayores detalles se pueden consultar en el ANEXO B.

Herramientas para comprender las consecuencias y la probabilidad	Herramientas para el análisis de dependencias e interacciones	Herramientas para medir el riesgo
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis bayesiano • Redes bayesianas y diagramas de influencia • Análisis de causa-consecuencia (CCA) • Análisis del árbol de eventos (ETA) • Análisis del árbol de fallas (FTA) • Análisis de confiabilidad humana (HRA) • Análisis de Markov • Simulación de Montecarlo • Análisis de impacto en la privacidad (PIA) / análisis de impacto en la protección de datos (DPIA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeo causal • Análisis de impacto cruzado 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la evaluación del riesgo se hace en términos monetarios, y el análisis es fundamentalmente financiero, las dos métricas más utilizadas son: • Valor en riesgo (VaR) • Valor en riesgo condicional (CVaR) o déficit esperado (ES)

Figura 9. Técnica o herramientas útiles para el análisis del riesgo

4.3 ETAPA III: Evaluar los riesgos

Objetivo: Determinar el nivel de riesgo para los escenarios analizados (según probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias). Comparar el resultado con los criterios de aceptabilidad y/o tolerabilidad del riesgo de la empresa. Priorizar aquellos que requieren un tratamiento del riesgo inmediato (i.e., aquellos en los cuales existe un riesgo de *desastre*).

Resultado: Como resultado de esta etapa, se califica el nivel de riesgo de cada escenario (utilizando como base la matriz RAM) y se construye una clasificación de acuerdo con su criticidad. Para los casos más críticos se determina el conjunto de medidas necesarias para el manejo adecuado del riesgo.

Pasos de la etapa:

1. **Evaluación de escenarios.** Establecer una lista priorizada de los escenarios identificados en la ETAPA II. Cada empresa podrá realizar esta tarea utilizando las herramientas que considere más adecuadas. Sin embargo, se sugiere que como mínimo se utilice una matriz RAM para caracterizar el nivel de riesgo. La matriz RAM debe construirse para cada uno de los escenarios estudiados. Si la empresa no cuenta con una matriz RAM, debe construir una; en el FORMATO – 4, se presenta una base que puede utilizarse para esta tarea.
2. **Aceptabilidad del riesgo.** Cada empresa debe establecer el nivel en el que los riesgos son tolerables y/o aceptables y determinar cuáles son los niveles de riesgo máximo y mínimo para sus actividades y cadena de valor. Esto permitirá determinar las zonas de riesgo aceptable, inaceptable y tolerable, tal como se muestra en la siguiente figura. Este último criterio se define con la aproximación ALARP por sus siglas en inglés, que significa “Tan bajo como sea razonablemente posible”. Esta aproximación guía la toma de decisiones para la implementación de medidas de reducción del riesgo, bajo el principio de costo-beneficio, determinando cuando asumir el riesgo resulta mejor y más viable para la empresa, que implementar medidas que puedan generar grandes gastos y esfuerzos.

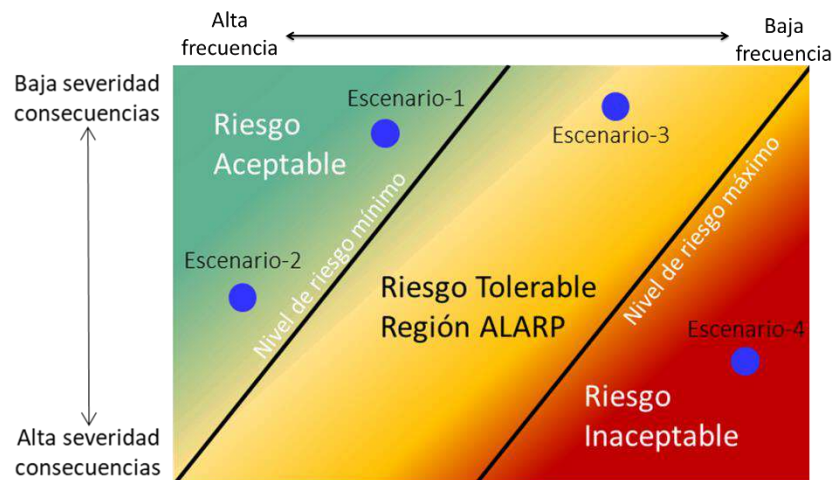
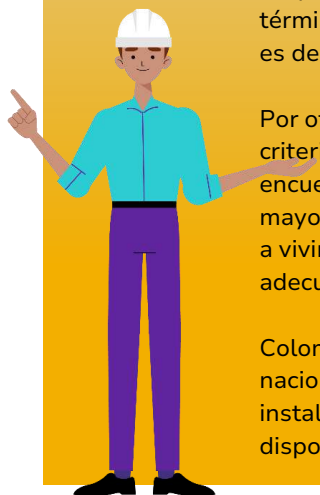


Figura 10. Matriz RAM. Valores de riesgo mínimo, máximo, aceptable, tolerable y ALARP. Adaptado de: (Muñoz, y otros, 2014).

¡NO OLVIDES!

En cuanto a los criterios de aceptabilidad del riesgo, una vez se realiza la estimación del riesgo, este se compara con algún criterio (empresarial, sectorial, nacional o internacional) que permita determinar si el resultado del nivel de riesgo es aceptable o tolerable. La aceptabilidad se refiere al nivel de preparación de la sociedad para afrontar los riesgos en términos de afectación poblacional, ambiental, y socioeconómica, entre otros (Vatn, 1998) es decir que su resultado está por debajo del criterio de riesgo mínimo.



Por otro lado, se dice que el riesgo es inaceptable cuando su resultado está por encima del criterio de riesgo máximo. Por último, el rango de riesgo tolerable es aquel que se encuentra entre el riesgo aceptable e inaceptable (menor al criterio de riesgo máximo, pero mayor al criterio de riesgo mínimo). El riesgo tolerable es uno con el que se está dispuesto a vivir con el fin de conseguir algunos beneficios, confiando en que éste puede controlarse adecuadamente (Marszal, 2001; Munoz et al., 2014).

Colombia cuenta desde el 2022 con la Resolución 0559 “Por la cual se adoptan valores nacionales de riesgo máximo individual accidental para instalaciones fijas y en especial las instalaciones fijas clasificadas de acuerdo con el decreto 1347 de 2021 y se dictan otras disposiciones”

3. **Construir un ranking de los escenarios.** Clasificar los escenarios identificados de acuerdo con el siguiente formato.

Ranking	Id. Escenario	Descripción del escenario	Nivel de riesgo estimado (ej. zona ALARP ⁴ , inaceptable)
1			
2			
3			

Como insumo utilizando el siguiente orden de criterios: i) Matriz RAM (Ver Figura 10); ii) métrica utilizada para la evaluación del riesgo (p.ej., probabilidad de ocurrencia); iii) frecuencia con la que se presentan; o iii) nivel/tipo de pérdidas. El evaluador podrá seleccionar otros criterios para la clasificación, de acuerdo con los intereses del tomador de decisiones. Una vez priorizados los riesgos (aquellos que se encuentren en la zona de riesgo inaceptable), se deben identificar las medidas pertinentes y viables para el tratamiento del riesgo.

⁴ ALARP: Acrónimo del inglés As Low As Reasonably Practicable (Tan bajo como sea razonablemente posible)

Las herramientas y metodologías que se pueden utilizar como apoyo para la implementación de esta etapa se presentan en la

Herramientas para evaluar la importancia del riesgo	Herramientas para seleccionar entre opciones	Herramientas para registrar y reportar el proceso de evaluación del riesgo
<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de número de frecuencia (F-N) • Gráficos de Pareto • Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) • Índices de riesgo • Matriz RAM 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de costo/beneficio (CBA) • Análisis del árbol de decisión • Teoría de juegos • Análisis multicriterio (ACM) 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de riesgos • Matriz de consecuencias/ probabilidades (matriz de riesgos o mapa de calor) • Curva en S

Figura 11. Mayores detalles se pueden consultar en el ANEXO B.

Herramientas para evaluar la importancia del riesgo	Herramientas para seleccionar entre opciones	Herramientas para registrar y reportar el proceso de evaluación del riesgo
<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de número de frecuencia (F-N) • Gráficos de Pareto • Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) • Índices de riesgo • Matriz RAM 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de costo/beneficio (CBA) • Análisis del árbol de decisión • Teoría de juegos • Análisis multicriterio (ACM) 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de riesgos • Matriz de consecuencias/ probabilidades (matriz de riesgos o mapa de calor) • Curva en S

Figura 11. Herramientas y metodologías útiles para el análisis del riesgo

4.4 ETAPA IV: Identificar medidas y acciones para el tratamiento del riesgo

Objetivo: Identificar el conjunto de acciones en curso o necesarias para el tratamiento del riesgo, que buscan soportar la toma de decisiones para reducir las consecuencias que se pueden derivar de la ocurrencia de los escenarios de desastres.

Es importante resaltar que en esta aproximación metodológica no se tratan en detalle temas de manejo del riesgo que requiere la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SUPERSERVICIOS).

Resultado: Identificación de actividades principales para el tratamiento del riesgo, con el propósito de que se tomen las medidas pertinentes para su gestión eficaz. Estas actividades pueden incluir: i) identificar su nivel de exposición ante un escenario de desastre; ii) definir un plan de acción para manejar el riesgo; y iii) establecer una estrategia para su relación con el entorno.

Pasos de la etapa:

1. **Análisis de buenas prácticas.** Las empresas deben identificar los procesos internos con los que cuenta para el manejo del riesgo. En el ANEXO A, se proponen unas pautas para el proceso de recolección de información y reflexión sobre este tema. Este formato se puede modificar/complementar de acuerdo con la naturaleza de las instalaciones o los procesos de la cadena de valor.
2. **Definición de planes de acción.** Para cada uno de los escenarios identificados como críticos (riesgo de desastre) se debe estructurar un plan de tratamiento del riesgo (intervención prospectiva y correctiva) que incluya acciones concretas de corto y mediano plazo. Estos planes de acción deben contemplar también la transferencia del riesgo, de manera que se analice cual es riesgo que la empresa puede retener y cual debe transferir mediante instrumentos financieros (p.ej., seguros, bonos catastróficos).
3. **Priorización de los planes de acción.** De acuerdo con el conjunto de acciones de prevención y mitigación definidas en el punto anterior, el último paso consiste en realizar una priorización de las acciones y la definición de un plan para su ejecución. Esta priorización, y los criterios que la soportan son el insumo principal de los tomadores de decisiones identificados en la ETAPA – I de esta guía.



¡TEN EN CUENTA!

Las empresas del sector minero energético cuentan con el documento: “Lineamientos para la elaboración de los Planes Integrales De Gestión del Cambio Climático Empresariales del Sector Minero Energético PIGCCe”.

5 PROFUNDIZACIÓN CONCEPTUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA

El presente capítulo tiene como objetivo proporcionar algunos elementos conceptuales adicionales y que ayuden a esclarecer los pasos de cada una de las ETAPAS propuestas (capítulo 4). Se presentan algunos análisis relacionados con el servicio de suministro de energía eléctrica que pueden servir de ejemplo.

5.1 Consideraciones para la identificación de escenarios de riesgo

La definición de escenarios potenciales de desastre es una tarea esencial que requiere la participación de diferentes actores. En consecuencia, la estrategia propuesta en esta guía hace especial énfasis en la definición y análisis de escenarios posibles de desastre. Un escenario es un conjunto de eventos que pueden generar afectaciones en el entorno (p.ej., personas, ambiente, infraestructura), que contiene los siguientes tres elementos:

1. Descripción del sistema e identificación de escenarios de desastres (FORMATO - 1);
2. Conjunto de situaciones de peligro específicas (FORMATO - 2); y
3. La identificación de un tipo específico de consecuencias (FORMATO - 3)

Con base en estos elementos, un escenario puede describirse como, por ejemplo,

“la afectación a una línea de distribución (componente/sub-sistema) como resultado de un movimiento de remoción en masa (situación de peligro) que impacte la prestación del servicio a una comunidad por un periodo de tiempo específico (tipo de consecuencias) “.

Todos los escenarios que, posteriormente, harán parte del análisis del riesgo, deben definirse de una forma similar a lo descrito arriba. Esta tarea tiene el propósito de construir todos los escenarios sobre la misma base conceptual.

Los componentes o subsistemas que se van a incluir en el análisis de escenarios deben describirse detalladamente en el FORMATO – 1. Esta descripción debe incluir, por lo menos, los siguientes aspectos:

- Localización geográfica (georreferenciación)
- Descripción de su función (rol dentro de la instalación/sistema)
- Características físicas (a un nivel de detalle relevante)
- Valor aproximado del activo
- Relación con el entorno, etc.

Se recomienda que el inventario y la descripción de los componentes o sub-sistemas se incluya dentro de un sistema de información de la entidad/compañía.

La situación de peligro específica tiene como objetivo:

identificar las condiciones internas o externas de los componentes o sub-sistemas críticos que pueden conducir a la ocurrencia de una pérdida de función – calificada como desastre.

En esta etapa es importante distinguir entre condiciones internas (FORMATO - 1) y externas (FORMATO - 2).

Es importante mencionar que una situación de desastre se genera como resultado de la interacción entre una situación de peligro, la fragilidad física y económica del sistema, y la capacidad de respuesta de los componentes o subsistemas que se van a evaluar. Aunque una situación de peligro específica no se presenta solamente como resultado de un evento externo (p.ej., sismo, deslizamiento), en esta guía se hace especial énfasis en eventos externos. Por lo tanto, las empresas deben identificar los escenarios de riesgo de desastre que pueden ser desencadenados por los diferentes fenómenos amenazantes existentes, para lo cual cada empresa deberá identificar aquellos presentes al interior de sus instalaciones y/o procesos de la cadena valor, y en el territorio, de acuerdo con la información existente.

Además, para determinar los eventos que pueden conducir a la ocurrencia de una situación de desastre es necesario caracterizar la “intensidad” (p.ej., magnitud del sismo, intensidad de lluvia) del evento que se requiere analizar el cual, en su interacción con los componentes o subsistemas, puede conducir a un nivel de pérdidas catalogadas como desastre.

El último elemento importante en la definición de los escenarios es la identificación del tipo de consecuencias. Esta tarea requiere la identificación de: i) el tipo de pérdidas que se va a considerar; y ii) su magnitud. Note que es posible que una situación de desastre esté asociada a varios tipos de pérdidas. Los tipos de consecuencias más comunes utilizados para la evaluación del riesgo incluyen:

- a) Pérdidas directas e indirectas (medidas en alguna unidad monetaria)
- b) Costos asociados a la interrupción de negocio
- c) Pérdida de vidas o afectación a la salud
- d) Impacto sobre el medio ambiente – múltiples dimensiones
- e) Impacto reputacional de la empresa
- f) Otras

La definición de riesgo de desastre cambia dependiendo del tipo de consecuencias que se utilicen en la evaluación. Con frecuencia, los escenarios incluyen diferentes tipos de consecuencias.

Por ejemplo, en el subsector eléctrico, los escenarios dependen del tipo de instalación y de la tecnología utilizada, su ubicación, y los fenómenos de tipo natural que se consideren. En esta sección se presentan algunas sugerencias para la definición de escenarios que son frecuentes y que se han observado en el pasado en el subsector eléctrico.

En la Figura 12 se resumen los escenarios priorizados para el subsector eléctrico, en el marco del proceso de formulación de la Política de Gestión del Riesgo de Desastres del Sector Minero Energético, Resolución 40411 del 23 de diciembre del 2021. Es importante mencionar que esta priorización es indicativa, puesto que el análisis parte de información a escala nacional, son las entidades públicas y privadas generadoras de riesgo las encargadas de hacer la identificación y

selección de los escenarios que pueden ser catalogados como de desastre. Por lo tanto, es importante considerar otros escenarios, de manera tal que los mostrados en la Figura 12 no sean limitantes. Por ejemplo, en el caso de las hidroeléctricas también se puede presentar rebose del embalse, por una remoción en masa que caiga dentro del embalse generando un Tsunami inducido.





<p>HIDROELÉCTRICAS</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daño a la infraestructura hidroeléctrica e interrupción de la operación (y servicio público) por rompimiento/rebose del embalse por lluvias. 2. Daño a la infraestructura por descargas atmosféricas (incendios y/o explosiones). 3. Daño a la infraestructura por remoción en masa. 4. Daño ambiental por construcción del proyecto. 5. Daño ambiental por abandono del proyecto. 6. Interrupción de la operación de hidroeléctrica (y servicio público) y/o daño a la infraestructura por sobrecarga o corto circuito.
<p>TERMOELÉCTRICAS</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daño a la infraestructura por descargas atmosféricas (incendios y/o explosiones). 2. Daño a la infraestructura por remoción en masa. 3. Interrupción de la operación por de termoelectrica (y servicio público) y/o daño a la infraestructura por sobrecarga o corto circuito.
<p>TRANSMISIÓN</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daños en infraestructura de subestaciones de transmisión e interrupción del servicio público por remoción en masa. 2. Interrupción de la operación de subestación de transmisión (y servicio público) por calidad de potencia. 3. Interrupción de la operación de subestación de transmisión (y servicio público) y/o daño a la infraestructura por sobrecarga o cortocircuito. 4. Indisponibilidad de la subestación y daños a la infraestructura (y servicio público) por sismo de alta intensidad. 5. Indisponibilidad de redes de transmisión y daños a la infraestructura (y servicio público) por vientos fuertes
<p>DISTRIBUCIÓN</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interrupción de la operación de subestación de distribución (y servicio público) por sobrecargas o cortocircuito. 2. Interrupción de la operación de las redes de distribución (y servicio público) y/o daño a la infraestructura por sobrecarga o cortocircuito. 3. Indisponibilidad de redes de distribución e interrupción del servicio público por instalaciones fraudulentas. 4. Indisponibilidad de redes de distribución e interrupción del servicio público por actos de terceros (ej. daño involuntario a infraestructura por obras civiles). 5. Indisponibilidad de redes de distribución y daños a la infraestructura (y servicio público) por descargas atmosféricas. 6. Indisponibilidad de redes de distribución y daños a la infraestructura (y servicio público) por vientos fuertes.

Figura 12. Escenarios priorizados para el subsector de energía eléctrica en el marco de la formulación de la política sectorial PGRDSME (Ministerio de MInas y Energía , 2022).

A continuación, se presenta a manera de ejemplo un conjunto de consideraciones para las principales instalaciones y/o procesos de la cadena de valor del subsector eléctrico:

- **Generación hidroeléctrica:** se debe prestar atención a escenarios en los cuales puedan presentarse daños a la infraestructura que puedan traducirse en un desabastecimiento hídrico aguas debajo de la presa. Particularmente en zonas vulnerables a sequías, que se pueden exacerbar debido a fenómenos de cambio climático y variabilidad climática (Fenómeno de El Niño/La Niña). Otros fenómenos incluyen, los eventos de remoción en masa o descargas atmosféricas. Desde el punto de vista de la operación, se hace vital el monitoreo de las condiciones técnicas y administrativas en la instalación, que pueden ayudar a prevenir escenarios de sobrecargas, cortocircuitos o afectaciones a la infraestructura (p.ej., integridad del embalse). Además, a pesar de ser un escenario de muy baja probabilidad, también se recomienda hacer énfasis en el componente de rompimiento o falla de presas, debido a la magnitud de sus potenciales consecuencias.
- **Generación termoelectrica:** se debe prestar especial atención a las instalaciones ubicadas en zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa y descargas atmosféricas. Al igual que para las hidroeléctricas, desde el punto de vista de la operación se hace vital el monitoreo de las condiciones técnicas y administrativas en la instalación, que puedan ayudar a prevenir escenarios de sobrecargas o cortocircuitos. Además, se sugiere poner especial

atención a escenarios de potenciales fugas, derrames, explosiones e incendios, ya que el proceso de generación de energía termoeléctrica funciona con ciclos simples y combinados que involucran tanques de almacenamiento de combustibles, transformadores, elementos autocontenidos, gases, combustibles líquidos, procesos de calentamiento, presiones, combustiones, entre otros.

- **Transmisión de energía eléctrica:** se debe prestar especial atención a aquellas subestaciones que se encuentran en zonas susceptibles a fenómenos de origen natural, incluyendo movimientos en masa, en particular avenidas torrenciales y alta sismicidad. Desde el punto de vista de la operación, se hace vital el monitoreo de las condiciones técnicas y administrativas en la instalación, que puedan ayudar a prevenir escenarios de sobrecargas o cortocircuitos. En el caso de las líneas de transmisión se deben tener muy presentes aquellas líneas en zonas donde exista el riesgo de que se presenten vientos fuertes.
- **Distribución de energía eléctrica:** se debe prestar especial atención a aquellas subestaciones que se encuentran en zonas donde se presentan situaciones de orden público complicadas, que puedan desencadenar daños por parte de terceros a las mismas. En el caso de las líneas de distribución también se deben tener en cuenta aquellas zonas con alta incidencia de descargas atmosféricas y vientos fuertes.
- **En cuanto a las energías renovables no convencionales,** existen otro tipo de instalaciones cuyo desarrollo es aún incipiente en el país como los parques eólicos y fotovoltaicos, para las cuales, por lo pronto, se debe recurrir a las experiencias reportadas por otros países. En este sentido, según (Lindros, 2022), algunos estudios en Estados Unidos han encontrado que los paneles solares pueden generar impactos ambientales considerables en la fauna y flora, inhibir el crecimiento de la vegetación y afectar la agricultura, debido a las grandes extensiones de territorio que ocupan. A su vez, su fabricación emplea sustancias químicas peligrosas (p.ej., ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, fluoruro de hidrógeno, 1,1,1-tricloroetano, trifluoruro de nitrógeno, acetona, entre otros) que representan importantes riesgos para la salud y el ambiente. Sin embargo, cabe aclarar que estos escenarios pueden o no constituir un desastre dependiendo de la dimensión de sus consecuencias y los criterios de aceptabilidad/tolerabilidad del riesgo de cada empresa.
- **Respecto a las amenazas de origen natural,** los paneles solares son vulnerables a los rayos, huracanes e incendios forestales. Los rayos pueden generar afectaciones a los inversores y controladores, cuando impactan directamente a los paneles solares, también generarán daños en estos. Por otra parte, a pesar de que los paneles solares están diseñados para resistir vientos fuertes, en el caso de la ocurrencia de huracanes, estos pueden desprender o dañar los mismos, o en su defecto, el agua de lluvia también puede generar afectaciones. Respecto a los incendios forestales, el impacto directo de estos generará afectaciones a los paneles solares; además, el humo y las cenizas pueden reducir su eficiencia, cortando la radiación solar y cubriendo los paneles con cenizas.
- En cuanto a las turbinas eólicas costa afuera, estas son vulnerables a los efectos de la velocidad del viento, sobre todo aquellos vientos de Categoría 3-5 para los cuales no existen pautas de diseño de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Este tipo de estructura eólica marina también es vulnerable a las olas y la variabilidad de su altura durante eventos

extremos. Por lo tanto, para las turbinas eólicas marinas, tanto el viento como las olas puedan generar impactos en su diseño estructural. Es así como la mayor variabilidad de las condiciones del viento y las olas asociadas con los huracanes frente a las costas de los EE. UU ha demostrado que son un factor de riesgo para la confiabilidad estructural de las turbinas eólicas en alta mar (ABS Group, 2022).

- **Escenarios concatenados:** es importante que, dentro de los análisis de riesgos, se contemple la cercanía de infraestructura de otros subsectores (como hidrocarburos y minería), para lo cual es necesario analizar las potenciales consecuencias de los eventos combinados, en donde la ocurrencia de un evento accidental en el sector eléctrico pueda tener afectaciones en otra infraestructura expuesta y generar algún escenario no deseado en los proyectos del sector minero-energético u otros sectores productivos. En la literatura, también suelen referirse a este tipo de escenarios como eventos en cascada o efectos dominó.

5.2 Consideraciones para el análisis y evaluación del riesgo

Una vez definidos los escenarios, la siguiente tarea es el análisis del riesgo para cada uno de ellos. De acuerdo con la Ley 1523 de 2011, el riesgo de desastres, de manera general, 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).

El riesgo, en su forma más común se define como el *valor esperado de un cierto nivel de pérdidas*. Esto significa que su valor tiene las unidades de pérdida que se quieren evaluar; por ejemplo, valor económico (COP), número de fatalidades, o impacto sobre el ecosistema. En consecuencia, para efectos del análisis presentado en este documento, el resultado del análisis de riesgo debe tener la siguiente forma:

“<Nivel> de pérdidas <tipo de pérdidas> esperadas para el
<escenario analizado>”

En la literatura existe un gran número de metodologías que se pueden utilizar para estimar el valor del riesgo. La utilización de estas metodologías depende de varios elementos como: i) complejidad del sistema; ii) la disponibilidad de información; y iii) el nivel de precisión requerido, entre otros. Más allá de la metodología o las herramientas utilizadas, lo más importante es su capacidad para proporcionar información (evidencia) sobre las consecuencias que se puedan derivar de un escenario particular. Para cada uno de los escenarios analizados, es importante considerar si existe una correlación con la vulnerabilidad por efectos del cambio climático, puesto que se busca una preparación prospectiva (futura) para reducir el riesgo que enfrentan las empresas en sus actividades u operaciones.

El primer paso para definir la estrategia y las herramientas más adecuadas para un análisis de riesgo (de un escenario particular) consiste en definir claramente el problema. En la Figura 13 se presenta, a manera de ejemplo, un esquema básico de los componentes y procesos que conforman el sistema eléctrico. Como se observa, el sistema de generación y suministro de energía incluye un gran número de componentes interconectados. Claramente, una evaluación de riesgo se puede hacer a diferentes niveles; por ejemplo, se puede evaluar el riesgo de desastres de las fuentes de generación, de las redes de transporte de alta tensión, de las subestaciones, etc. En cualquier caso, es pertinente que las empresas realicen la evaluación de riesgos por proyecto, dado que la identificación de amenazas bien sea de origen natural, socio natural o antrópico dependerá de su ubicación.

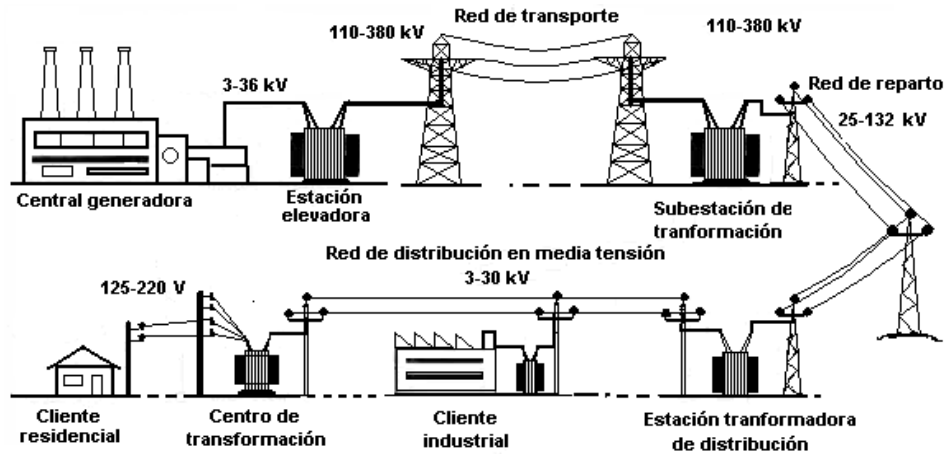


Figura 13. Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico (Fuente: Wikipedia).

Dentro del contexto de modelación de sistemas complejos, la definición del problema se puede hacer identificando los siguientes elementos:

- i) propósito del sistema – función;
- ii) clientes – quienes se benefician del funcionamiento del sistema;
- iii) actores – quienes hacen posible el funcionamiento del sistema;
- iv) dueños: quienes toman las decisiones dentro del sistema; y
- v) el entorno – contexto físico, social, jurídico, financiero, etc.

Por ejemplo, el sector eléctrico, en su descripción más básica, se puede describir utilizando estos cinco elementos como:

El sector eléctrico colombiano está conformado por un conjunto de empresas que interactúan con el fin de generar, transportar y distribuir energía a los diferentes sectores productivos y al entorno construido en general, de tal forma que el suministro de energía cumpla con los niveles de confiabilidad mínimos estipulados por el gobierno.

Una vez definido el problema (propósito, clientes actores, ...), la tarea más importante consiste en lograr una descripción jerárquica del sistema que permita manejar o entender mejor los diferentes tipos de decisión que pueden surgir. Una descripción jerárquica es una representación del sistema a diferentes niveles de precisión (niveles de detalle). La representación jerárquica tiene una forma de árbol en el cual el nivel superior corresponde a una descripción general y los niveles inferiores a

descripciones cada vez más detalladas del sistema. En la Figura 14 se presenta un ejemplo de los primeros niveles de la estructura jerárquica para el sector eléctrico de acuerdo con el esquema mostrado en la Figura 13. Cabe mencionar que la representación mostrada en la Figura 14 se puede modificar de acuerdo con los criterios de los actores que participan en el análisis.

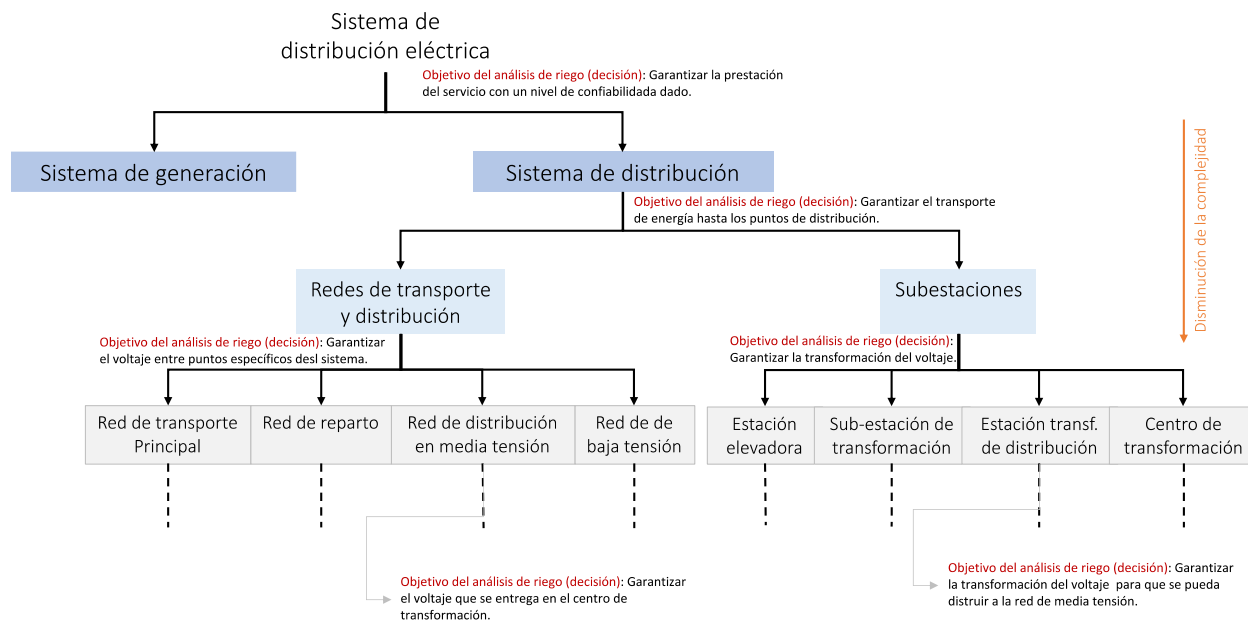


Figura 14. Primeros niveles de la representación jerárquica del sistema de distribución eléctrica; y descripción de los objetivos del análisis de riesgo.

Es importante resaltar que cada elemento mostrado en la estructura jerárquica de la Figura 14 tiene asociado un objetivo específico – tipo de decisión (p.ej., asignación de recursos, medidas de mitigación). En consecuencia, el resultado del análisis de riesgo cambia dependiendo de donde se encuentre el sistema que se va a evaluar. Un elemento importante de esta guía es articular correctamente el análisis de riesgo, para que la evidencia que suministre sea coherente con el tipo de decisión que se quiere tomar. En concordancia con esto, la escogencia de las herramientas de análisis más adecuadas para la evaluación del riesgo también depende del nivel (dentro de la estructura jerárquica) en el cual se encuentra el subsistema que se va a evaluar. Por ejemplo, en la Figura 14 no es lo mismo evaluar todo el “sistema de distribución de energía” que la “subestación de transformación”. En estos casos, la precisión y validez de las herramientas de análisis son diferentes. Por esta razón, esta guía incorpora el ANEXO B. de manera que los tomadores de decisiones puedan seleccionar la herramienta de análisis que más se ajusta a sus necesidades y a la realidad de su empresa.

El análisis del riesgo de los sistemas ubicados en la parte superior de la estructura jerárquica, requieren descripciones más generales y, en consecuencia, solo es posible realizar análisis aproximados (p.ej., opiniones de expertos). En la medida en que se analizan problemas en los niveles más bajos de la estructura jerárquica, la evidencia que se puede obtener es más precisa y los análisis pueden hacer uso de modelos más detallados (p.ej., modelos probabilísticos).

A manera de resumen, en la Figura 15 se ilustra la relación que existe entre la complejidad del sistema, el tipo de evaluación requerida, las herramientas disponibles y el tipo de decisión dentro de la empresa/entidad/compañía.

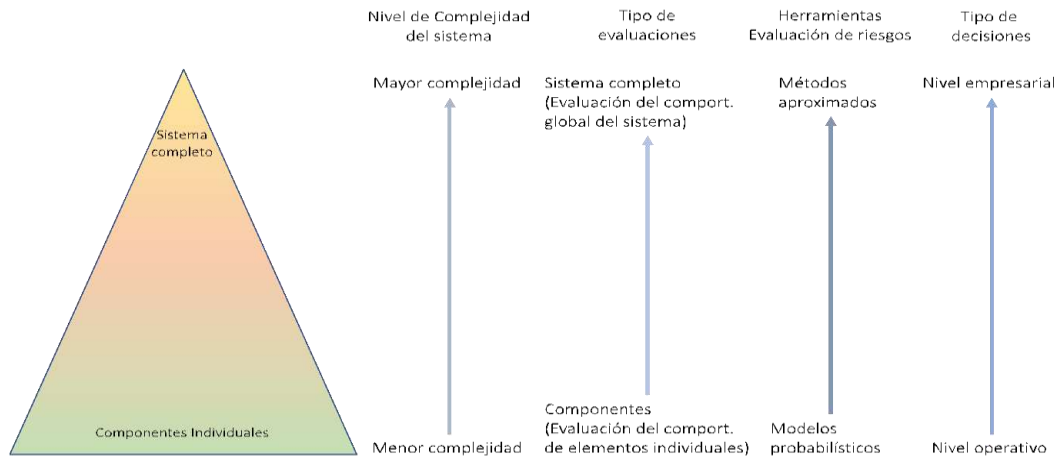


Figura 15. Resumen de los elementos centrales de la estrategia propuesta. Fuente: Elaboración propia

La decisión sobre la mejor estrategia es responsabilidad del evaluador. Independiente de la herramienta utilizada, el resultado de los análisis debe poder escribirse de acuerdo con la estructura presentada en la anteriormente, es decir (**<Nivel> de pérdidas <tipo de pérdidas> esperadas para el <escenario analizado>**).

Además de las metodologías mencionadas en la segunda columna de la Tabla 1, existen otras técnicas y herramientas definidas en la norma ISO 31010:2009 dentro de las cuales se incluyen: el análisis de la causa raíz, análisis de modo y efecto falla (EMEF), análisis y gestión de riesgos y oportunidades del sistema, estudios de peligro y operatividad (HAZOP), análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), análisis de escenarios, análisis de causa principal, análisis de árbol de fallas, índices de riesgo, matriz de consecuencia y probabilidad, análisis de costo y beneficio, entre otras. Algunas de estas se describen en el ANEXO B., las cuales se pueden utilizar para realizar la valoración del riesgo y/o para soportar este proceso, entendiendo que la combinación de diferentes herramientas es válida.

Teniendo en cuenta lo anterior, cabe mencionar que en algunas ocasiones puede requerirse la implementación de más de un método de análisis y/o evaluación. Su selección dependerá de la complejidad del sistema, el tipo y calidad de información disponible.

Tabla 1. Categorías para la evaluación del riesgo.

Tipo de evaluación	Herramientas comunes de análisis	Tipo de evidencia	Nivel de complejidad del sistema
Opinión de expertos	Encuestas de percepción Generación de consensos Métodos cualitativos basados en opinión de expertos	Evidencia sobre el comportamiento global del sistema.	ALTO -niveles superiores en la estructura jerárquica. (Conocimiento genérico del comportamiento del sistema)
Razonamiento aproximado	Analítica de datos Inteligencia artificial Modelos lógicos (Árboles de falla/eventos; lógica difusa; teoría intervalos) Manejo de evidencia.		MEDIO-niveles intermedios en la estructura jerárquica (Conocimiento intermedio del comportamiento del sistema)
Evaluación formal	Analítica de datos Inteligencia artificial Modelos probabilísticos Modelos estocásticos	Evidencia sobre el comportamiento físico/funcional detallado.	BAJO- niveles inferiores en la estructura jerárquica. (Conocimiento detallado del comportamiento del sistema)

Es así como en la práctica existen diversas metodologías, de carácter cualitativo, semicuantitativo y cuantitativo para la evaluación del riesgo. La selección de la mejor estrategia de análisis es una tarea compleja ya que en la literatura existen un sinnúmero de metodologías disponibles para la evaluación del riesgo. Para seleccionar la mejor alternativa se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- Aplicabilidad: Relevancia para el tipo de problema considerado.
- Alcance: apoyo al tipo de decisión dentro de la organización.
- Ventana de evaluación: Horizonte de tiempo dentro del cual tiene validez.
- Nivel de decisión: complejidad del sistema y nivel estratégico u operacional.
- Datos e información: nivel de información requerido para su implementación.
- Implementación: nivel de experiencia requerido para la implementación.
- Tipo de aproximación: cuantitativa, semi-cuantitativa o cualitativa.
- Costo de implementación: tiempo y valor económico asociado a su implementación.

Independientemente de la metodología utilizada, el análisis de riesgos es un proceso que debe revisarse constantemente buscando incluir la mayor cantidad de escenarios críticos posibles. Es importante recordar que en los procesos de análisis de riesgos siempre existirá incertidumbre. Independientemente de las herramientas utilizadas, debe tenerse en cuenta que los resultados son una estimación del nivel de riesgo y no deben tomarse como un valor absoluto. Un método sencillo, bien realizado, puede llegar a suministrar mejores resultados que un procedimiento siempre que satisfaga los objetivos y el alcance de la valoración.

Cada situación específica de peligro (evento) tiene asociada, además de la “intensidad” una posibilidad de ocurrencia que se puede medir en términos de la frecuencia. En general, las situaciones que se describen como *desastre* tienen asociadas bajas frecuencias de ocurrencia. Aun cuando la frecuencia está correlacionada con el tipo de evento, para propósitos de este documento y dentro del contexto de desastres, las situaciones de peligro se pueden catalogar dentro de uno de los siguientes tres grupos.

- frecuencia baja (no ha ocurrido o ha ocurrido muy pocas veces en el sector)
- frecuencia media (ha ocurrido en la empresa por lo menos una vez)
- frecuencia alta (ocurre varias veces al año en la empresa)

En resumen, la definición de una situación de peligro está relacionada con dos aspectos fundamentales: i) condiciones para la ocurrencia de un desastre; y ii) la frecuencia con la cual se puede presentar cada situación. Aquí es importante que se conciba la posible materialización de escenarios prospectivos, es decir, escenarios de riesgo futuro, donde los riesgos identificados puedan tener mayor exacerbación, particularmente por efectos de la variabilidad o cambio climático.

El último elemento en el análisis de riesgos es la estimación de las consecuencias. Esta tarea requiere que se tomen los blancos de afectación previamente identificados en la *ETAPA II – paso 3* y se cuantifiquen sus consecuencias. Note que este proceso va de la mano de la Identificación de consecuencias de la *ETAPA I*. Para este propósito se ha diseñado el formato - 3 Tenga en cuenta que la cuantificación de las consecuencias puede ser, por ejemplo, en términos de número de heridos, número de fatalidades, pérdidas económicas directas o indirectas, inversión para la restauración y/o rehabilitación del ambiente afectado, entre otros.

De otra parte, el proceso de *evaluación del riesgo* consiste en categorizar el valor esperado (más probable) de las pérdidas para un escenario particular, dentro de la empresa, la prestación del servicio y en algunas ocasiones sobre el entorno. La escala que se utiliza para valorar las pérdidas esperadas depende del contexto. Si el impacto tiene consecuencias en el entorno, esta valoración puede incluir múltiples actores (p.ej., gobierno, autoridades locales); si, por el contrario, solamente afecta a la empresa, la escala de valoración se debe definir internamente.

En la metodología propuesta, la evaluación del riesgo se puede caracterizar mediante una matriz RAM⁵ (*Risk Assessment Matrix*) definida por cada uno de los actores según su naturaleza, el alcance de los servicios que proporciona, el tamaño de los activos y las consecuencias sobre la operación. Esta matriz RAM relaciona el impacto de un evento en términos de las consecuencias con su probabilidad de ocurrencia o frecuencia (sea cualitativa o cuantitativa). Esto permite identificar y clasificar los eventos y definir claramente aquellos que se pueden categorizar como desastres, de manera que permitan identificar esas instalaciones que son objeto de aplicación del Decreto 2157 y aquellos escenarios que requieren análisis más detallados. En el formato -4- se presenta la matriz RAM propuesta para el subsector eléctrico. Cabe mencionar que esta matriz es indicativa y cada empresa es libre de ajustarla a su contexto y a la realidad de su operación.

Bajo el panorama anterior, es importante mencionar que la evaluación del riesgo es un proceso de comparación de los resultados de análisis de riesgos con criterios de riesgo establecidos, ya sea en la empresa, en el sector o a nivel nacional, para determinar si el riesgo y/o su magnitud es aceptable. Es así como las actividades económicas buscan operar entre parámetros de aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo definidos con claridad, que los lleva a determinar niveles de riesgo máximo y mínimo. Por lo tanto, los resultados derivados de la matriz RAM podrán ayudar a determinar cuáles son las medidas de reducción del riesgo que se deben implementar.

Importante

Un análisis de riesgo se basa en evidencia concreta que sea claramente justificable. Esta evidencia proviene de mediciones y observaciones del comportamiento de los diferentes componentes de un sistema. Por ejemplo, observaciones sobre el tipo y la frecuencia con las que se presenta un evento natural (p. ej., sismos, inundaciones, deslizamientos), la tasa y el tipo de daño observado en un equipo o instalación industrial, o el nivel de afectación observado. Sin embargo, estas mediciones (evidencias) corresponden a una muestra pequeña de todos los eventos que, en teoría, se pueden presentar. Por lo tanto, aunque exista evidencia cuantificable, siempre va a existir un cierto grado de incertidumbre alrededor de su veracidad. En la literatura este fenómeno es ampliamente conocido y surge de la aleatoriedad intrínseca del comportamiento de un sistema o un fenómeno natural – este nivel de incertidumbre no se puede reducir. Además de la incertidumbre que proviene de la información, los modelos para el análisis de riesgo son construcciones aproximadas de la realidad, con un nivel de incertidumbre propio. En resumen, la incertidumbre proviene de la naturaleza aleatoria de la información de entrada y de la capacidad de los modelos para describir la realidad. Esto sugiere, que no importa el nivel de detalle del análisis, es imposible hacer una predicción que sea completamente cierta.

La incertidumbre inherente a la ocurrencia de un evento futuro se puede estimar de diferentes formas. Para evaluaciones altamente cualitativas, por ejemplo, basadas en opiniones de expertos, el resultado puede ir acompañado por una medida de “confianza” en la estimación del resultado. Esa medida de confianza funciona como un mecanismo para sopesar el rol de las interpretaciones que provienen de fuentes diversas (expertos). En el extremo opuesto, donde se tienen evaluaciones puramente cuantitativas, esta incertidumbre se evalúa en términos de una medida como la varianza alrededor de la estimación final. Por su puesto, para todas las metodologías entre estos extremos, existen otras formas de estimar el nivel de incertidumbre. Una medida de la confianza en la estimación es un elemento valioso para la toma de decisiones, pero no puede utilizarse ni como una herramienta para justificar una acción determinada, ni como un elemento de juicio sobre un evento que no se pudo anticipar.

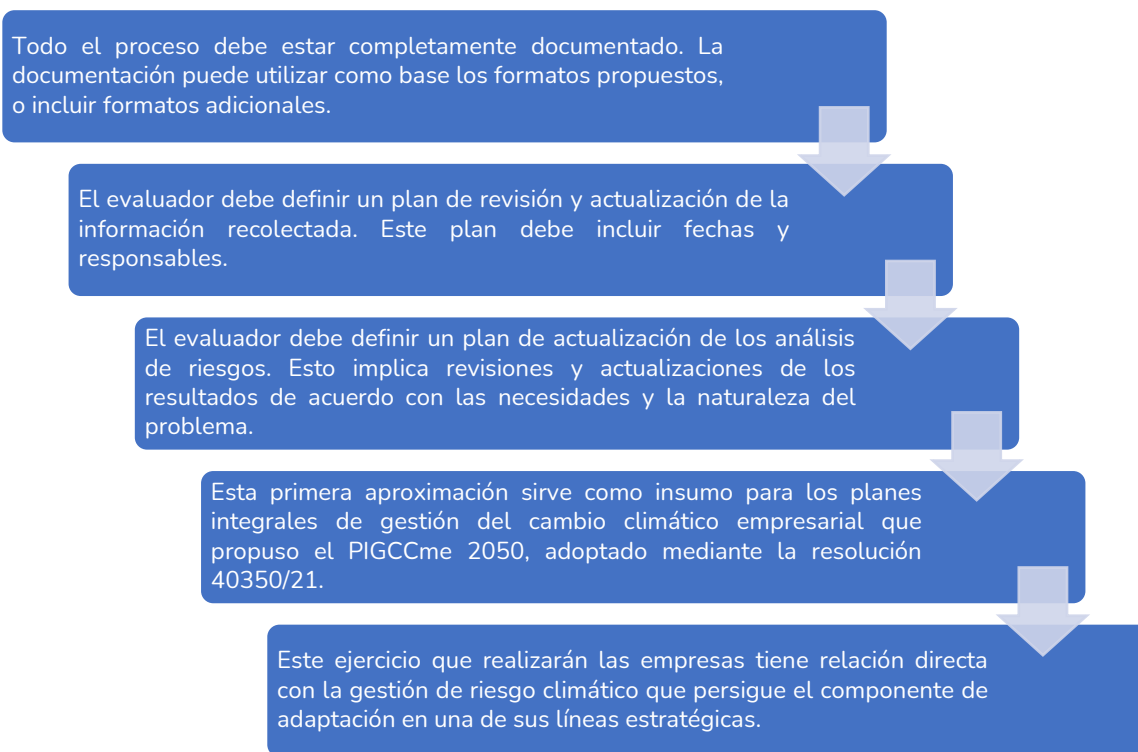
⁵ Matriz de valoración del riesgo o Matriz cualitativa de riesgo, RAM por sus siglas en inglés *Risk Assessment Matrix*.

En conclusión, en cualquier modelo de análisis de riesgo es importante hacer un análisis de propagación y cuantificación de la incertidumbre inherente a cada uno de los elementos del proceso. Tener claridad sobre la calidad y variabilidad del resultado siempre será importante.

La definición de riesgo presentada debe circunscribirse a escenarios en los cuales las consecuencias tengan graves afectaciones directas a las personas y el ambiente. Otros escenarios de riesgo no hacen parte de esta guía; lo que no quiere decir que no sean importantes, por ejemplo, para el caso de energía eléctrica escenarios accidentales cuyas consecuencias pueden afectar la continuidad del negocio o pueden generar problemas en el suministro de energía eléctrica a la población, pero que no se constituyen como desastre (p.ej., interrupción de la operación de una subestación de transmisión por presencia de fauna silvestre o por error humano).

En consecuencia, la estrategia propuesta en este documento se centra solamente en casos en donde las consecuencias derivadas de un escenario particular puedan describirse como una situación de **desastre**. De acuerdo con lo anterior el presente instrumento identifica y caracteriza escenarios de riesgos de desastres tal como lo define la Ley 1523 de 2012, pero no se centra en riesgos laborales, riesgos ambientales, entre otros, dado que el presente instrumento se formula a partir de los lineamientos establecidos por la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 2157 de 2017, y no se debe confundir con otros instrumentos, y con otros elementos conceptuales.

Al terminar la evaluación del riesgo es necesario cumplir con los siguientes requisitos:





6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO COMO INSUMO PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO y ARTICULACIÓN CON LOS PROCESOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Una vez llevado a cabo el proceso de valoración del riesgo, que permita a las empresas determinar los niveles de riesgo en su operación según los potenciales escenarios de desastre contemplados, es importante darles valor agregado a los resultados obtenidos, de manera que sirvan para gestionar el riesgo tanto al interior de las compañías, como en el entorno que las rodea, es decir en el territorio donde se ubican.

En Colombia, esta perspectiva se fundamenta en la Ley 1523 y el Decreto 2157, en donde no sólo se destaca que la GRD es corresponsabilidad de todos los habitantes del país, sino que también se resalta que los resultados de los análisis y evaluación del riesgo constituyen un insumo para fortalecer los instrumentos de planificación que conciben la GRD en sus territorios, de manera que se viabilicen sinergias internas y externas a las entidades públicas y privadas cuyas actividades generan riesgo para la sociedad.

La anterior afirmación se sustenta en las disposiciones del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD), el cual establece que se deben coordinar las actividades estatales y particulares según los siguientes componentes:

- Estructura organizacional,
- Mecanismos de financiación,
- Sistemas de Información, e
- Instrumentos de Planificación.

Es en este último componente en dónde, desde las compañías del sector se puede hacer hincapié y sumar al fortalecimiento de esos instrumentos de planificación. Esto se logra a través de la complementariedad y flujo de la información asociada a la GRD, que permita la implementación de los procesos de conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de los desastres, entre los Sectores, Departamentos, Municipios y/o Distritos, y las entidades públicas y privadas. Por lo

tanto, compartir los resultados de los análisis de riesgo, permitirá orientar las acciones hacia un mismo objetivo, de forma conjunta con las autoridades locales, lo cual repercutirá en la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, y la mejora en la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo (CRC; UNGRD, 2021).

Es así como las Entidades Públicas y Privadas enmarcadas en las condiciones establecidas por el Decreto 2157 de 2017 deberán desarrollar sus PGRDEPP de manera articulada con las entidades territoriales, bien sea Departamentos, Municipios y/o Distritos, donde desarrollen su actividad y en armonía con los instrumentos de planificación territorial para la GRD, es decir, Planes de Gestión del Riesgo de Desastres - Departamentales y/o municipales según sea el caso (CRC; UNGRD, 2021).

La armonización de los PGRDEPP con los instrumentos de planificación territorial para GRD tienen las correlaciones que se presentan en la Tabla 2, de acuerdo con la *Guía técnica que facilite la implementación de los planes de gestión del riesgo de desastres de entidades públicas y privadas*.

Tabla 2. Relación entre el proceso de Conocimiento del Riesgo y algunos instrumentos de planificación territorial. Adaptado de (CRC; UNGRD, 2021)

Decreto 2157 de 2017	Plan de Desarrollo Departamental	Plan de Desarrollo Municipal	Plan de Ordenamiento Territorial Departamental	Plan de Ordenamiento Territorial Municipal	Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas	Plan de Gestión del Riesgo De Desastres (Departamental / Municipal / Distrital)
Identificación de escenarios de riesgo (metodología, causas y fuentes de riesgo, elementos que constituyen el riesgo – amenazas)	X	X	X	X	X	X
Identificación del riesgo (elementos que constituyen el riesgo - elementos expuestos y vulnerabilidades)	X	X	X	X	X	X
Análisis del riesgo (método de análisis, consecuencias y estimación del riesgo, probabilidades, valoración de controles)	X	X	X	X		X
Evaluación del riesgo (comparación de niveles de riesgo estimados, priorización de escenarios, elementos para toma de decisiones e identificación de medidas de intervención)	X	X	X	X		X

Finalmente, es responsabilidad de la entidad territorial, actualizar sus Planes Territoriales de Gestión del Riesgo de Desastres (Departamentales y municipales) a la luz de los contenidos de los PGRDEPP y según las consideraciones generadas por los Consejos de Gestión del Riesgo de Desastres. Por lo que la articulación de los PGRDEPP con los instrumentos de planificación territorial busca beneficiar a la población, las entidades públicas y privadas y la institucionalidad. Es así como dentro de las obligaciones de las entidades territoriales se incluye (CRC; UNGRD, 2021):

- a) El Consejo Territorial para la Gestión del Riesgo de Desastres - CTGRD (Departamental, Municipal y/o Distrital), deberá implementar un mecanismo que garantice la actualización de su Plan de Gestión del Riesgo de Desastres, de acuerdo con los escenarios de riesgo de desastres adoptados en el Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de Entidades Públicas y Privadas - PGRDEPP recibido,
- b) El Consejo Territorial para la Gestión del Riesgo de Desastres - CTGRD (Departamental, Municipal y/o Distrital), deberá implementar un mecanismo que garantice la actualización de su Estrategia de Respuesta a Emergencias - Departamental, Municipal y/o Distrital, de acuerdo con el plan de emergencias y contingencias adoptado en el Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de Entidades Públicas y Privadas - PGRDEPP recibido,
- c) Integrar el Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de Entidades Públicas y Privadas - PGRDEPP recibido, con los demás instrumentos de planificación que exista en el Departamento, Municipio y/o Distrito, identificando oportunidades para gestionar el riesgo de desastres en el territorio

En relación con los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático empresariales PIGCCe estos contemplan cinco pasos para la construcción de trayectorias hacia la resiliencia climática, los cuales se encuentran estrechamente vinculados con la gestión del riesgo de desastres, puesto que se centran en el riesgo climático.

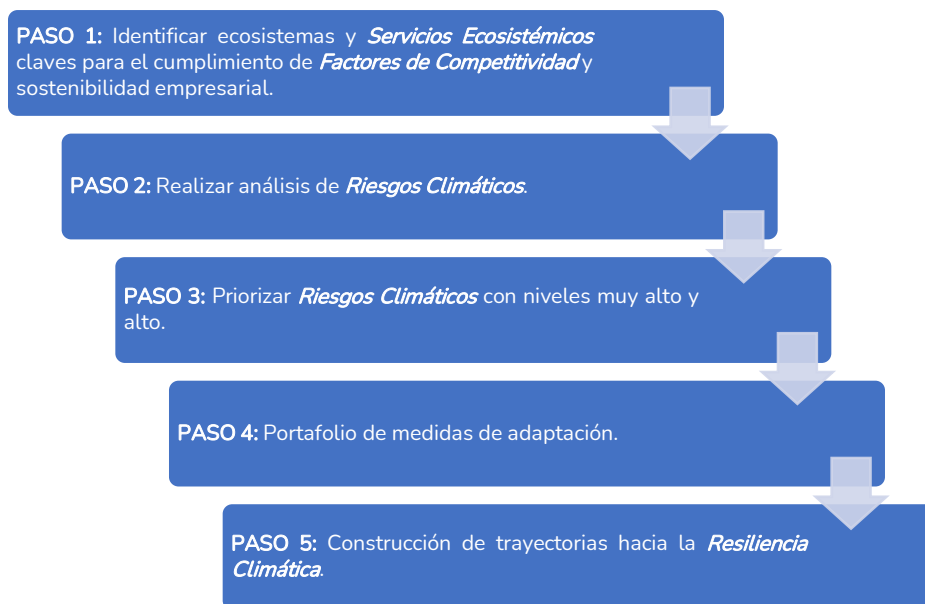


Figura 16. Pasos sugeridos para la construcción de trayectorias hacia la resiliencia climática.

De acuerdo con la metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo del sector minero energético ante la variabilidad y el cambio climático (desarrollada por el Minenergía), el riesgo climático es una variable en función de la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad (está última entendida como el cociente entre la sensibilidad y la capacidad de adaptación).

En el contexto sectorial, el riesgo climático se refiere a la posibilidad de sufrir impactos negativos o daños ocasionados por eventos climáticos extremos o cambios en los patrones climáticos a largo plazo. Estos riesgos, que pueden ser menos intensos, pero más frecuentes, pueden generar escenarios de riesgo de desastres debido a la acumulación de eventos continuos y la generación de eventos encadenados. Estas situaciones pueden tener consecuencias significativas para la comunidad y los ecosistemas, en los términos de magnitud establecidos en la ley 1523 de 2012 para la declaratoria de situaciones de calamidad pública o desastre.

Los eventos encadenados se refieren a la sucesión o combinación de múltiples eventos climáticos o de otro tipo que ocurren de manera secuencial o simultánea, y que pueden agravar las consecuencias y los impactos sobre la comunidad y los ecosistemas. Estos eventos encadenados pueden presentarse de diferentes maneras. Por ejemplo, un período prolongado de lluvias causa inundaciones en la zona, lo que provoca daños en la infraestructura clave del sector hidrocarburos, como oleoductos y gasoducto, se interrumpe el suministro de petróleo y gas a las refinerías y plantas de generación de energía y a su vez se afecta la infraestructura y se presenta pérdida de sustancias lo cual, origina afectaciones ambientales en diferentes magnitudes. Por lo tanto, se considera pertinente que esta visión sea considerada en el análisis de riesgo climático y que se valore bajo la óptica de Gestión del Riesgo de Desastres aquellos riesgos que se prioricen como muy altos en paso 3 de la metodología propuesta en los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático empresariales PIGCCe.

De igual manera es pertinente que se articulen y armonicen las actividades propuestas y priorizadas para el portafolio de medidas adaptación y construcción de trayectorias con las medidas de reducción del riesgo de desastres.

FORMATOS DE APOYO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA

FORMATO - 1

Formato para la identificación de escenarios de riesgo

Para la definición de los escenarios, incluyendo los componentes o subsistemas que se van a incluir en el análisis deben describirse detalladamente. Así, esta identificación de escenarios se relaciona con lo dispuesto por el Decreto 2157 referente al subproceso de identificación del riesgo, que constituye el primer paso para valorar el riesgo. En este sentido, es importante considerar el contexto interno y el externo del componente, subsistema o proceso de la cadena de valor a analizar, para considerar todas las interacciones que lo llevan a ser un elemento crítico de análisis.

Bajo este panorama es importante identificar los elementos incluidos en el formato que se presenta a continuación, que permiten la recolección de información necesaria para realizar el posterior análisis de riesgo.

Información general de la actividad (Incluir consideraciones sectoriales que apliquen a la actividad)	
Componente, subsistema o proceso de la cadena de valor a evaluar	
Función (Rol dentro de la instalación/sistema)	
Localización geográfica (Instalaciones y sedes geográficas de la organización)	
Valor aproximado del activo (COP)	
Características físicas	
Sustancias químicas	
Tipo y fuente de energía	
Maquinaria existente	

Otros elementos de interés
Causas y fuentes de riesgo (contexto interno)
¿Qué puede ocurrir?
¿Cómo puede suceder?
¿Quién puede generarlo?
¿Por qué se puede presentar?
¿Cuándo puede ocurrir?
Elementos expuestos al interior de la instalación:
Para el escenario analizado ¿cuáles son las prácticas de seguridad más críticas para prevenir un accidente grave?
Otras consideraciones



¡TEN EN CUENTA!

Los elementos expuestos varían de acuerdo con el proceso de la cadena de valor bajo análisis. Estos deben corresponder a aquella infraestructura real del sistema que puede verse afectada por la materialización de un evento accidental o desastre, por lo tanto, el formato debe ajustarse para incluir aquellos elementos particulares de cada subsistema que se va a evaluar. Lo ideal es el diligenciamiento de un formato por cada escenario identificado.

FORMATO - 2

Formato para la definición de situaciones de peligro

Para definir una situación de peligro es necesario precisar tanto las condiciones para la ocurrencia de un desastre como la frecuencia con la cual se puede presentar cada situación o escenario. Este ejercicio permite entonces identificar las condiciones internas o externas de los componentes o sub-sistemas, que pueden conducir a la ocurrencia de una pérdida de función – calificada como desastre. Es así como en esta etapa es importante distinguir entre condiciones internas, presentadas en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y las condiciones externas, para lo cual se ha diseñado el formato que se presenta en el formato propuesto. Es importante mencionar que, para apoyar este proceso de definición de situaciones de peligro, las empresas también pueden consultar la Guía Empresarial de Cambio Climático ⁶.

Para cada uno de los peligros es importante revisar los procedimientos y las prácticas de seguridad implementados en la instalación bajo análisis, de manera que se puedan identificar aquellos componentes o sub-sistemas que son más críticos para el control de riesgos o los más vulnerables al deterioro con el tiempo (OECD, 2008). Además, tal como lo sugiere el Decreto 2157, es necesario revisar información secundaria relacionada con estudios de riesgos de desastres locales que den cuenta del contexto externo o el entorno de la instalación y/o procesos de la cadena de valor, esto incluye, entre otros, información relacionada con amenazas tecnológicas, antrópicas, fenómenos amenazantes de origen natural y socio-natural que puedan impactar las actividades operativas y/o productivas de la instalación y desencadenar escenarios Natech (del acrónimo en inglés *Natural hazards-triggered Technological accidents*), generando impactos sobre el entorno.

Relación del escenario de desastre, componente, subsistema o proceso productivo evaluado con el entorno ⁷	
Nombre del componente crítico, subsistema o proceso productivo a evaluar	
Amenazas antrópicas no intencionales (error humano)	Amenazas antrópicas intencionales (situaciones de orden público, sabotaje, terrorismo, incendio de la cobertura vegetal, etc.)
Amenazas de origen natural y socio-natural	
Geológicas	

⁶ Para consultar Guía Empresarial de Cambio Climático: <https://pigccme.minenergia.gov.co/public/assets/files/Metodologia%20Gu%C3%ADa%20virtual.pdf>

⁷ Se sugiere consultar instrumentos de planificación del desarrollo tales como POMCA, POMIUAC, POT, PMGRD, EMRE, PIGCCME, PGRDSME y planes territoriales de cambio climático, entre otros.

	¿Presente en el entorno de la operación?		Frecuencia (Baja, media, alta)	Salvaguardias (Barreras de protección)
	Sí	No		
Sismo				
Movimientos en masa				
Tsunami				
Erupción volcánica				
Meteorológicas				
Inundación				
Marejada ciclónica				
Erosión costera				
Ciclón Tropical (Huracán)				
Tormenta de granizo				
Rayos				
Vientos fuertes				
Sequía				
Otros				
Elementos expuestos entorno de la actividad (Posibles impactos al entorno derivados de la operación de la actividad)				
Área(s) de probable afectación			Sí	No
Viviendas				
Hospitales				
Colegios				
Sitios de aglomeración				
Sitios de interés ambiental				
Recursos económicos y sociales				
Bienes culturales e infraestructura				
Otros				
Efectos dominó (instalaciones o situaciones que puedan producir efectos concatenados)⁸				

⁸ El Decreto 2157 sugiere consultar información disponible por las entidades públicas y privadas pertinentes, procesos productivos y organizaciones vecinas que puedan afectar la operación de la organización.

FORMATO - 3

Formato para identificación y caracterización del tipo de consecuencias.

Como se ha mencionado, el proceso de valoración de riesgo requerido para construir los PGRDEPP implica además de la consideración de las causas y fuentes del riesgo, que se analicen las consecuencias y la probabilidad de ocurrencia o frecuencia de dichas consecuencias. Por lo tanto, el último elemento importante para la definición de los escenarios es la caracterización de las consecuencias. Esta tarea requiere la identificación tanto del tipo de pérdidas que se van a considerar como su magnitud. Para analizar estos aspectos se ha diseñado el formato que se presenta en el siguiente formato. Esta aproximación permite relacionar los elementos expuestos con los efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades, siempre que se tenga la información disponible para tal fin.

Consecuencias							
Blancos de afectación	Sucesos finales/Consecuencias	Sí/No	Magnitud (No. Fatalidades/heridos, (COP), impacto sobre el ecosistema o la infraestructura)	No ha ocurrido	Ha ocurrido en los últimos (años)		
					5<	10	>20
Personas	Fatalidades						
	Heridos						
Ambiente	Contaminación de acuíferos						
	Contaminación de suelo						
	Contaminación de agua subterránea						
	Dispersión de nube tóxica						
Económicas	Pérdidas directas						
	Pérdidas indirectas						
Infraestructura ⁹	Colapso estructural						
	Daño parcial a la infraestructura						
	Interrupción de la operación						
Otros							

¡NO OLVIDES!

Si tu empresa tiene registros de los accidentes ocurridos, es importante que se recopilen los detalles de este, incluyendo la fecha y demás características del accidente, para determinar probabilidades de ocurrencia y fortalecer las lecciones aprendidas.



FORMATO – 4

Construcción de la matriz RAM

Una vez se tiene la información completa para la estimación del riesgo, se compara el resultado con criterios de referencia establecidos a nivel nacional o internacional, de manera que se pueda definir si el riesgo es aceptable o tolerable y se especifiquen los tipos de intervención para la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación. Cabe resaltar que de acuerdo con lo dispuesto por el Decreto 2157, los analistas de riesgo tienen libertad de articular diferentes metodologías con las que cuente la entidad, siempre que permitan identificar posibles causas e impactos asociados al riesgo de desastre.

Particularmente, este anexo presenta la matriz de valoración de riesgos o RAM (por sus siglas en inglés) para determinar el nivel de riesgo (i.e. alto, medio, bajo) del escenario analizado. Su utilización es práctica y fácil, permitiendo a los tomadores de decisiones evidenciar si se requiere implementar medidas de reducción del riesgo o si no es necesario tomar ninguna acción. Es decir, la implementación inmediata de medidas de reducción se da cuando el nivel de riesgo se ubica en la zona roja (niveles muy alto y alto) de la matriz, mientras que la zona amarilla implica que los tomadores de decisiones deben determinar si aceptan el nivel de riesgo obtenido o si prefieren implementar medidas para reducirlo (zona ALARP). Por el contrario, cuando el riesgo recae en la zona verde, se encuentra en niveles no significativos y por lo tanto no es necesario implementar mecanismos de reducción.

Es así como el riesgo aceptable es aquel riesgo para el que se está preparado, en términos de afectación poblacional, ambiental, infraestructura, entre otros (Vatn, 1998). La aceptabilidad se refiere a la disposición de la sociedad para afrontar los riesgos de una actividad (Marszal, 2001) y la tolerabilidad se refiere a la disposición de vivir con algunos riesgos a cambio de obtener ciertos beneficios, tal como se explicó en la ETAPA III: Evaluar los riesgos.

		Frecuencia				
		Nunca	Casi nunca	Ocasional	Frecuente	Muy frecuente
Consecuencia	Catastrófica	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
	Muy severa	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
	Severa	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
	Baja	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
	Leve	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio

Frecuencia	Descripción
Nunca	No hay reportes relacionados
Casi nunca	No hay reportes relacionados en los últimos 5 años
Ocasionalmente	No hay reportes relacionados en el último año
Frecuente	1-2 reportes al año.
Muy frecuente	>2 reportes al año.

Consecuencia	Descripción
Leve	La operación puede continuar sin alteraciones.
Baja	Alteración en la operación, para reanudarla se requieren inversiones menores y/o lesiones no incapacitantes en personal y/o daño ambiental que no requiere intervención para remediarlo.
Severa	Alteración en la operación, para reanudarla se requieren inversiones considerables, y/o lesiones incapacitantes en personal y/o daño ambiental que requiere alguna intervención para remediarlo.
Muy severa	Interrupción en la operación, para reanudarla se requieren inversiones que pueden poner en riesgo la continuidad del negocio, y/o lesiones que ponen en riesgo la vida del personal, generen incapacidades permanentes, y/o daño ambiental que requiere alguna intervención para remediarlo y cuyo periodo de recuperación excede a 10 años.
Catastrófica	Las consecuencias no permiten reanudar la operación sin inversiones importantes en menos de 1 mes y/o fatalidades y/o daños irreversibles al medio ambiente o que generen daños sinérgicos en diversos componentes ambientales.

Figura 17. Matriz RAM generalista propuesta para el subsector eléctrico.
Fuente: (PNUD & MME, 2021)

Como parte de la metodología propuesta, cada uno de los actores del sector debe completar la matriz RAM; para ello se propone el enfoque en las consecuencias y frecuencias que se muestra en la siguiente figura. La definición de la matriz RAM es una construcción colectiva de las instancias directivas de la organización. En particular, los niveles de pérdida y consecuencias deben ajustarse a la naturaleza y el tamaño de la empresa.

CONSECUENCIAS					FRECUENCIA					
Impacto Ambiental	Consecuencias Financieras	Afectación Vida	Impacto reputacional	Impacto continuidad		No ha ocurrido o ha ocurrido muy pocas veces	ha ocurrido algunas veces en la	Ha ocurrido en la empresa	Ocurre varias veces al año en la	Ocurre varias veces al año en
					5					
					4					
					3					
					2					
					1					
					0					

FORMATO-5

Preguntas orientadoras para definir acciones de tratamiento del riesgo

Buenas prácticas (como mecanismos de reducción del riesgo)		
Aspectos que considerar	Sí	No
¿Su instalación hace parte de comités de ayuda mutua?		
¿Implementación de barreras de prevención?		
¿Implementación de barreras de mitigación?		
¿Controles existentes?		
¿Cuenta con canales de comunicación con entidades operativas del Consejo Territorial (Municipio/Depto)?		
¿Se realiza un monitoreo constante de las condiciones de riesgo mayor?		
¿Qué fallas asociadas con el ranking de escenarios evaluados (Formato 5) puede prevenir su organización?		
¿Qué información necesitaría para ejercer un control efectivo sobre el/los escenarios de riesgo mayor o riesgo de desastre identificados?		



¡TEN EN CUENTA!

Consulta el *Portafolio de buenas prácticas para el cambio climático* de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, que plantea una estrategia para fortalecer la planeación y ejecución de proyectos, obras o actividades sujetos a licenciamiento ambiental, con el fin de incorporar consideraciones de cambio climático en tu empresa, que contribuyan a los desafíos de la Política Nacional de Cambio Climático, la Ley de Cambio Climático y las iniciativas sectoriales como el Plan Integral de Cambio Climático del Sector Minas y Energía. En el siguiente enlace podrás acceder a más información:

<https://www.anla.gov.co/proyectos/apuestas-transformacionales-cambio-climatico/en-que-estamos>

ANEXO A. TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Diversidad en el tipo de decisiones

Frecuentemente, el proceso de toma de decisiones se reduce a la selección de la "mejor" opción entre un conjunto de alternativas factibles. Esta interpretación del problema supone que existe disponibilidad de recursos en forma de tiempo, tecnología o mano de obra, entre otros; por lo tanto, las opciones pueden ser cuidadosamente consideradas y evaluadas (Herrmann, 2015). Muy a menudo, este no es el caso. El enfoque estándar para la toma de decisiones se basa en la idea de *estrategias compensatorias*. Una estrategia compensatoria de toma de decisiones sopesa los atributos positivos y negativos de las alternativas y, mediante un sistema de pesos; y escoge aquellas opciones en donde prevalecen los atributos positivos. Por otro lado, una estrategia *no compensatoria* elimina de manera progresiva las alternativas que no cumplen con un conjunto de criterios definidos por el evaluador hasta encontrar la mejor opción.

En realidad, la toma de decisiones implica una serie de procesos cognitivos, que ocurren conscientemente dentro de un determinado entorno físico, social y personal; y en un tiempo y lugar específico. La mayoría de las decisiones tienen un carácter predecible, en el cual se espera que el resultado maximice las preferencias del decisor; que a su vez están condicionadas por las circunstancias al momento en que se toma la decisión.

La toma de decisiones depende también de la estructura del problema y la manera en que se le presenta el problema al evaluador. Algunos de los casos más comunes incluyen: (i) seleccionar el mejor curso de acción cuando las alternativas se presentan secuencialmente (p.ej., tomar decisiones con respecto a la recuperación del sistema después de un evento de daño significativo); (ii) Identificar el mejor momento -o cantidad de información- para tomar una decisión ("*stopping problem*"); (iii) programación de actividades (definir secuencias de acciones) – por ejemplo, planificar y ejecutar un conjunto de actividades de prevención y mantenimiento-; (iv) tomar decisiones dirigidas a la definición de prioridades – es decir, definir el orden de las intervenciones– y (v) tomar decisiones que impactan las interacciones con otros actores (Christian & Griffiths, 2016). Cada una de estas situaciones implica un proceso y una estrategia para la toma de decisiones diferente.

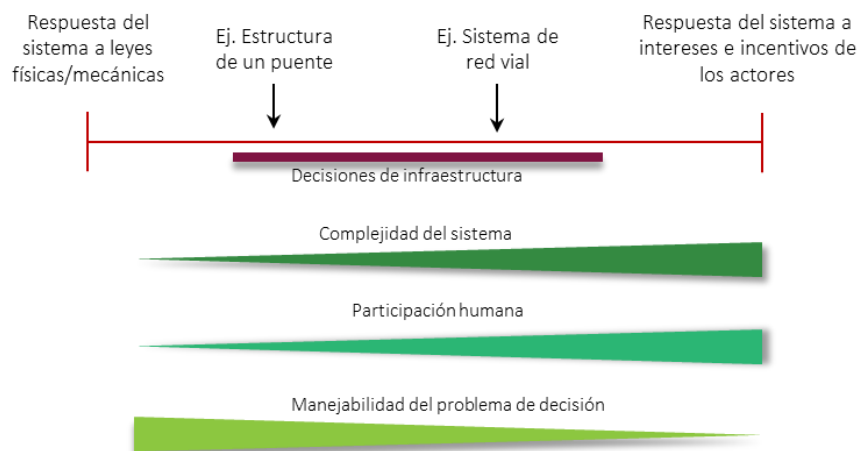


Figura 18. Aspectos principales involucrados en la toma de decisiones. Tomado de Sánchez-Silva & Calderón, 2022.

En el área de gestión del riesgo, el tipo de decisiones que se requieren varían ampliamente. Las decisiones van desde aquellas que dependen en su mayoría de las características físicas, mecánicas o algunas reglas que controlan la función de una instalación (p. ej., central de distribución eléctrica), hasta aquellas donde el rendimiento de la instalación depende en gran medida en las elecciones 'no estructuradas' de los actores externos (personas) (ver Figura 18). Los primeros están definidos por algún tipo de algoritmo; por ejemplo, acciones y desempeño de la central de generación. Los últimos están sujetos a los intereses e incentivos particulares de las personas que controlan el sistema. A medida que los sistemas se vuelven más complejos, los requerimientos para la toma de decisiones se basan más en aspectos organizativos y procedimentales; es decir, gran cantidad de elementos e interacciones conjuntas con la participación de muchos actores en diferentes niveles de decisión. Esto, sin embargo, no implica que los datos o los problemas técnicos sean menos relevantes, simplemente los tomadores de decisiones tienen que lidiar con situaciones que no están completamente descritas por los datos o las leyes físicas.

Decisiones racionales y racionalidad limitada

En la gestión del riesgo, hay decisiones relacionadas con el desempeño físico del sistema, decisiones que dependen de algunas políticas de gestión (programación del tamaño y extensión de las intervenciones), y otras que están en la intersección del desempeño físico, las estrategias de operación y los intereses de los "stakeholders". En la mayoría de los casos, las decisiones basadas únicamente en aspectos técnicos se centran en la respuesta mecánica del sistema (lado izquierdo en la Figura 18). Por ejemplo, cómo mejorar la respuesta de una central de distribución ante un sismo, definiendo una estrategia de intervención para reducir la pérdida de capacidad de la estructura, o implementando un programa para modificar la carga eléctrica. En la literatura se encuentra una gran cantidad de información relacionada con la construcción de modelos analíticos que conduzcan a soluciones 'mecánicas' y estrategias de gestión óptimas (ver, por ejemplo, Junca & Sánchez-Silva, 2016; Santander & Sánchez-Silva, 2008).

Las soluciones óptimas se basan en la idea de que los tomadores de decisiones son "racionales" y, por lo tanto, toman decisiones racionales. Las decisiones racionales suponen que las personas tomarán decisiones que maximicen los beneficios y minimicen los costos. Por ejemplo, queremos construir sistemas más seguros al menor costo posible. La toma de decisiones racionales favorece la lógica, la objetividad y el análisis sobre la subjetividad y la percepción. Se basa en el supuesto de que los individuos tienen información completa y perfecta; además, se basa en el supuesto de que existen criterios medibles por los cuales los datos pueden ser recolectados y analizados. Por último, supone que los tomadores de decisiones tienen la capacidad cognitiva, el tiempo y los recursos para evaluar cada alternativa frente a las demás. Se ha observado ampliamente que, en la práctica, los tomadores de decisiones no realizan un análisis completo de costo-beneficio para determinar la decisión óptima, sino que eligen una opción basada en algunas heurísticas que satisfacen la escala de valores de los individuos. En estas situaciones, es difícil definir exactamente el significado de 'solución óptima' y, por lo tanto, dónde buscarla. Dentro de este contexto, las decisiones sobre la operación y gestión del riesgo deben revisarse cuidadosamente. La mayoría de los modelos existentes no describen el proceso de decisión real, sino que se enfocan en el desempeño del sistema bajo un conjunto de reglas matemáticas rígidas y poco realistas. Dentro del contexto de la discusión anterior, es claro que el proceso de encontrar soluciones óptimas tiene muchas limitaciones. Por lo tanto, parece razonable buscar una solución satisfactoria ("suficientemente buena") en lugar de una solución óptima. Algunas alternativas incluyen, por ejemplo, la idea de *optimización-épsilon* (Dixon,

2001). Sin embargo, estas metodologías no necesariamente satisfacen las limitaciones impuestas en la práctica.

Una alternativa a las decisiones racionales es la idea de *racionalidad limitada*, propuesta por Simon (1955), que se utiliza para denotar el tipo de racionalidad al que recurren las personas (u organizaciones) cuando el entorno en el que operan es demasiado complejo en relación con sus limitaciones o habilidades mentales. Simon argumenta que "el comportamiento humano es intencionadamente racional, pero sólo de forma limitada" (Simon, 1957). En otras palabras, las decisiones perfectamente racionales a menudo no son factibles en la práctica; están limitados por la manejabilidad del problema de decisión, las limitaciones cognitivas de la mente y el tiempo y los recursos disponibles para tomar la decisión. Varios estudios han demostrado que, en la práctica, las heurísticas simples a menudo conducen a mejores decisiones que los procedimientos teóricamente óptimos.

En resumen, tomar decisiones basadas en datos confiables, modelos y lógica bien fundamentados es muy valioso siempre que los datos y los modelos puedan describir, aceptablemente, el desempeño del sistema. Sin embargo, a medida que los sistemas se vuelven más complejos (ver Figura 18), la idea de objetividad crea un sesgo hacia la preferencia por hechos, datos y análisis sobre la intuición, los sentimientos y los intereses personales.

Herramientas para la toma de decisiones

Los mejores métodos para la toma de decisiones son aquellos que mejor se ajustan al tipo de problema y su complejidad. En general, se reconoce que existe un desajuste entre la sofisticación de las prácticas de toma de decisiones organizacionales y la complejidad de las situaciones en las que se deben tomar esas decisiones. En este sentido, la Ingeniería de Decisión representa una aplicación práctica del campo de los sistemas complejos, que ayuda a las organizaciones a navegar por los complejos sistemas en los que se encuentran.

Existen un sinnúmero de metodologías que apoyan los procesos de toma de decisiones en ingeniería y otras disciplinas. Algunas de las herramientas más utilizadas que incorporan niveles relativamente altos de juicio por parte del evaluador incluyen:

- Método Pugh
- Método de despliegue de la función de calidad
- Técnicas de matriz de decisión
- Proceso analítico jerárquico (AHP)

Dentro de estas metodologías se destaca el proceso analítico jerárquico (AHP); un método para organizar y analizar decisiones complejas, que se basa en evaluaciones cuantitativas y en una interpretación psicología de la racionalidad del decisor; este método fue desarrollado por Thomas L. Saaty en la década de 1970. Para poder implementar el AHP se requieren tres elementos fundamentales 1) la definición del objetivo final o el problema que está tratando de resolver, 2) la identificación de todas las soluciones posibles, denominadas alternativas, y 3) los criterios con los que juzgará las alternativas. AHP proporciona un marco racional en donde se relacionan los criterios de evaluación y las opciones con el objetivo general. El proceso consiste en una comparación por

pares que se traducen en valores numéricos con los cuales se pueden establecer prioridades. Esta capacidad de cuantificación distingue al AHP de otras técnicas de toma de decisiones.

Además de la anterior, existen otras herramientas que hacen especial énfasis en la variabilidad, la calidad y la incertidumbre en el proceso; por ejemplo:

- Estructura latente proyectada.
- El método Taguchi.
- Six Sigma.

Estas herramientas son más analíticas y normalmente están relacionadas con productos físicos, aunque tienen un amplio espectro de aplicación. [10]

ANEXO B. TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO

En general, el análisis de riesgo puede ser descriptivo (como un informe de una revisión de la literatura, un escenario de análisis o una descripción de las consecuencias) o cuantitativa, donde los datos se analizan para producir valores numéricos. En algunos casos, se pueden aplicar escalas de calificación para comparar riesgos particulares. La forma en que se evalúa el riesgo y la forma del resultado deben ser compatibles con los criterios definidos. Es importante resaltar que los modelos puramente cuantitativos solo deben usarse si las métricas elegidas lo permiten. Un nivel de exactitud y precisión no debe ser atribuido a resultados más allá de lo que es consistente con los datos y métodos empleados.

A continuación, se presenta una lista de herramientas, metodologías o métodos ampliamente utilizados, dirigidas a:

- | | |
|--|---|
| a) Establecer consensos entre las partes interesadas | f) Analizar de dependencias e interacciones |
| b) Identificar el riesgo | g) Medir el riesgo |
| c) Determinar eventos generadores de riesgo | h) Evaluar la importancia del riesgo |
| d) Establecer y evaluar controles/barreras | i) Seleccionar entre opciones |
| e) Evaluar las consecuencias y la probabilidad | j) Registrar y reportar el proceso de evaluación del riesgo |

a) Para establecer consensos entre las partes interesadas

El análisis de riesgo está altamente influenciado por los individuos involucrados en el proceso. Las opiniones de las partes interesadas y de los expertos se pueden obtener de forma individual (por ejemplo, a través de entrevistas o encuestas) o utilizando metodologías grupales como lluvia de ideas, grupos nominales o técnica Delphi. En esta sección se presentan las metodologías más comunes para obtener información u obtener consenso entre las partes involucradas.

Las metodologías para obtener información que se base en las percepciones y opiniones de las personas tiene una variedad de sesgos. Por ejemplo, el sesgo de disponibilidad (tendencia a sobrestimar la probabilidad de algo que acaba de suceder), agrupamiento ilusión (tendencia a sobrestimar la importancia de pequeños conglomerados en una muestra grande) o efecto de carro (la tendencia a hacer o creer cosas porque otros hacen o creen lo mismo). En IEC 31010:2019 y EN 12973 se puede encontrar información adicional sobre estos métodos.

En la práctica los métodos más utilizados son (ver IEC 31010:2019 para más detalles):

- Lluvia de ideas
- Técnica Delphi
- Técnica del grupo nominal
- Entrevistas estructuradas o semiestructuradas
- Encuestas

b) Para la identificación del riesgo

La identificación del riesgo es en general un proceso de recolección de evidencia para la toma de decisiones sobre posibles escenarios futuros. Esta evidencia puede provenir de diferentes fuentes como revisiones de literatura y análisis de datos históricos; métodos empíricos, incluyendo pruebas y modelos para identificar lo que podría suceder bajo circunstancias particulares; encuestas de percepción (opinión de expertos); evaluaciones de escenarios hipotéticos (e.g., HAZOP y FMEA); análisis de escenarios; y listas de verificación o taxonomías basadas en datos pasados o modelos teóricos.

Algunos ejemplos de enfoques estructurados para identificando el riesgo incluyen:

- Listas de control, clasificaciones y taxonomías
- Análisis de modos y efectos de falla (FMEA)
- Análisis de escenarios
- Análisis de modos de falla, efectos y análisis de criticidad (FMECA)
- Estudios de riesgos y operabilidad (HAZOP)
- Técnica hipotética estructurada (SWIFT)

c) Para determinar eventos generadores de riesgo

La identificación y caracterización de las causas de los eventos generadores del riesgo se pueden utilizar para diseñar estrategias de prevención y mitigación. Las metodologías de análisis causal pueden explorar las percepciones de la causa bajo un conjunto de condiciones predeterminadas; por ejemplo, mediante una aproximación lógica como en el análisis del árbol de fallas. Otro ejemplo es el análisis de corbatín que se utiliza para representar causas y consecuencias gráficamente. Varias de las metodologías descritas en IEC 62740 se pueden utilizar de forma proactiva para analizar posibles causas de eventos que podrían ocurrir en el futuro. Los métodos más utilizados dentro de esta categoría son:

- Árboles de falla y árboles de eventos
- Enfoque cindínico
- Método de análisis de Ishikawa (espina de pescado)

d) Para establecer y evaluar controles/barreras

Las metodologías para verificar si los controles son apropiados sirven para identificar las barreras entre una fuente de riesgo y sus posibles consecuencias. Se utiliza para comprobar si las barreras de protección (medidas de prevención) son suficientes. También se pueden utilizar para implementar sistemas de seguimiento y monitoreo. Las metodologías más utilizadas dentro de esta categoría son:

- Análisis de corbatín
- Análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC)
- Análisis de capas de protección (LOPA)

e) Para evaluar las consecuencias y la probabilidad

La definición de riesgo involucra dos elementos muy importantes: las consecuencias y su probabilidad de ocurrencia. Las consecuencias pueden variar en su naturaleza (sociales, ambientales, salud, etc.), aunque la métrica más utilizada es la valoración económica. El tipo y magnitud de las consecuencias se puede estimar de varias maneras, por ejemplo, mediante experimentación, investigación de eventos pasados y su probabilidad, modelos y métodos lógicos como el análisis de árbol de eventos, identificación de escenarios o extrapolación de datos históricos, opinión de expertos, y simulación entre otros.

La consecuencia y la probabilidad se pueden combinar para dar un nivel de riesgo. La severidad del riesgo se puede determinar mediante una comparación con un criterio de aceptabilidad, o mediante un ranking de escenarios. Las metodologías para combinar valores cualitativos de consecuencia y probabilidad incluyen casi siempre un análisis formal. Entre las metodologías más utilizadas se encuentran:

- Análisis bayesiano
- Redes bayesianas y diagramas de influencia
- Análisis de impacto en el negocio (BIA)
- Análisis de causa-consecuencia (CCA)
- Análisis del árbol de eventos (ETA)
- Análisis del árbol de fallas (FTA)
- Análisis de confiabilidad humana (HRA)
- Análisis de Markov
- Simulación de Montecarlo
- Análisis de impacto en la privacidad (PIA) / análisis de impacto en la protección de datos (DPIA)

f) Para el análisis de dependencias e interacciones

Estas metodologías se enfocan específicamente en casos en donde el comportamiento de las variables involucradas está condicionado por algún tipo de dependencia. La dependencia es un tema que en muchos análisis no se tiene en cuenta, pero que tiene un impacto muy importante en los resultados. Algunos de los modelos presentados en las secciones anteriores permiten incluir esas dependencias. Las metodologías que se utilizan específicamente para esta valoración son:

- Mapeo causal
- Análisis de impacto cruzado

g) Para medir el riesgo

Como se mencionó anteriormente, la cuantificación probabilística de las pérdidas tiene un papel muy importante en la evaluación del riesgo. Esta cuantificación depende del tipo de pérdidas. Por ejemplo, para el caso de riesgo a la salud, el método más utilizado es la evaluación del riesgo toxicológico. Cuando la evaluación del riesgo se hace en términos monetarios, y el análisis es fundamentalmente financiero, las dos métricas más utilizadas son Valor en riesgo (VaR) y el Valor en riesgo condicional (CVaR) o déficit esperado (ES).

h) Para evaluar la importancia del riesgo

Una vez definido el riesgo para cada uno de los escenarios considerados, la siguiente tarea consiste en clasificar dichos escenarios para identificar aquellos que son más críticos. Esta clasificación solamente se puede hacer de manera comparativa. La comparación se puede hacer contra eventos observados previamente, o en relación con niveles de pérdida aceptables para la organización (e.g., Matriz RAM), entre otros. Entre las estrategias más utilizadas se encuentran:

- Diagramas de número de frecuencia (F-N)
- Gráficos de Pareto
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)
- Índices de riesgo
- Matriz RAM

i) Para seleccionar entre opciones

Las metodologías presentadas en la sección anterior corresponden a la evidencia que apoya los tomadores de decisiones para seleccionar entre opciones. La decisión final depende de un conjunto de elementos de diferente naturaleza que van desde el tipo y la calidad de la información hasta aspectos psicológicos y organizacionales. Las metodologías presentadas en esta sección proporcionan una base lógica para justificar las razones de una decisión. Los métodos más comunes para este propósito son:

- Análisis de costo/beneficio (CBA)
- Análisis del árbol de decisión
- Teoría de juegos
- Análisis multicriterio (ACM)

j) Para registrar y reportar el proceso de evaluación del riesgo

Uno de los elementos más importantes en un análisis de riesgo es construir un repositorio documental y de información que permita llevar un registro de la evolución del sistema y de las decisiones que se tomaron a través del tiempo. Algunas herramientas que pueden utilizarse como soporte a este proceso son:

- Registros de riesgos
- Matriz de consecuencias/probabilidades (matriz de riesgos o mapa de calor)
- Curvas en S.

Finalmente, la Tabla 3 muestra un paralelo de algunas de las técnicas y/o métodos previamente mencionados.

Tabla 3. Algunas técnicas para identificación de peligros y valoración de riesgos.

Adaptado de (CCPS, 2008; ICONTEC, 2013)

Nombre	Descripción	Proceso valoración del riesgo	Aplicación	Enfoque
What-if? (¿Qué pasa sí?)	Es una técnica de lluvia de ideas, con un grupo de personas con experiencia en el proceso estudiado, que realizan preguntas acerca de eventos no deseados.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de riesgo • Análisis de riesgo • Evaluación de riesgo 	Se busca identificar peligros, situaciones peligrosas o secuencias específicas de eventos, que puedan llevar a consecuencias no deseadas.	Cualitativo.
LOPA (Layer of Protection Analysis)	Un análisis de capas de protección o LOPA es una forma simplificada de análisis de riesgo. En este análisis se cuantifican la frecuencia de ocurrencia, la severidad de las consecuencias y la probabilidad de falla de las capas de protección independientes por órdenes de magnitud.	Análisis de riesgo, especialmente para el análisis de consecuencias	Puede ayudar a determinar: ¿qué tan seguro es un sistema?, ¿es suficientemente seguro de acuerdo con los criterios definidos por la compañía?, la cantidad de capas de protección necesarias para cumplir con el criterio de riesgo definido y la reducción de riesgo necesaria en cada capa de protección.	Semi-cuantitativo y según la información disponible, se puede llegar a un resultado cuantitativo.
Árboles de eventos	Es una técnica que muestra gráficamente las posibles consecuencias dada la ocurrencia de una falla (puede ser de un equipo o por un error humano).	Análisis de riesgo, especialmente para el análisis de consecuencias	Permite identificar varios eventos que pueden ocurrir en procesos complejos dada una falla. Se puede utilizar en cualquier etapa del ciclo de vida de un proceso. Se puede utilizar cualitativamente para idear escenarios potenciales y estimar la influencia de los controles en el resultado, o cuantitativamente para determinar la aceptabilidad de los controles.	Cualitativo o cuantitativo.
Análisis cuantitativo de riesgo o QRA – (Quantitative Risk Analysis)	Técnica netamente cuantitativa, donde se estiman valores de probabilidad basados en el historial de la organización, de la industria o de la literatura y consecuencias basándose en modelamientos físicos usando modelos computacionales, para estimar un valor cuantitativo de riesgo.	Análisis de riesgo	Normalmente se utiliza para escenarios que, analizados con técnicas más sencillas, han demostrado un nivel de riesgo alto y necesidades de tratamiento de riesgo prioritarias.	Cuantitativo

Nombre	Descripción	Proceso valoración del riesgo	Aplicación	Enfoque
Método del corbatín	Técnica gráfica que puede considerarse una combinación de un árbol de fallas con un árbol de eventos. Considera las barreras preventivas y mitigativas del sistema analizado	Análisis de riesgo, especialmente para determinar las probabilidades de ocurrencia del escenario analizado.	Se utiliza para mostrar una gama de posibles causas y consecuencias del evento crítico analizado. Sobre todo, cuando el enfoque se centra en las barreras o controles existentes.	Cualitativo o Cuantitativo, según la información disponible para el análisis.
Análisis de la causa raíz	Se centra en analizar las pérdidas de activos debido a varios tipos de fallas, identificando la causa raíz. Se aplica con mayor frecuencia a la evaluación grandes pérdidas, pero también se puede usar para analizar pérdidas de manera más global que permitan determinar las mejoras a implementar	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de riesgo • Evaluación de riesgo 	Se aplica en diversos contextos incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> • investigaciones de accidentes y SST • sistemas tecnológicos relacionados con la confiabilidad y el mantenimiento; • sistemas complejos con aplicación en gestión del cambio, gestión de riesgos y análisis de sistemas. 	Cualitativo
Análisis de modo y efecto de falla (FMEA)	Técnica que identifica las formas en que los componentes, sistemas o procesos pueden fallar en cumplir con su intención de diseño y sus consecuencias en un sistema. Existen varios tipos dependiendo del tipo de proceso que se lleva a cabo	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de riesgo • Análisis de riesgo • Evaluación de riesgo 	Tiene diversos usos, entre ellos: <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de modos y efectos del error humano, • base para la planificación de mantenimiento de los sistemas físicos, • mejora del diseño de procedimientos y procesos, • Brinda información para análisis de árbol de fallas. 	Cualitativo y permite obtener un resultado cuantitativo.
Análisis de costo y beneficio	Es una técnica que evalúa los costos totales esperados de un escenario y compara los beneficios totales esperados, para elegir opción de reducción del riesgo más rentable.	Análisis de riesgo, especialmente para el análisis de consecuencias	Se usa para soportar decisiones asociadas al tratamiento del riesgo y sus cursos de acción.	Puede ser cualitativo o cuantitativo o una combinación de ambos.
Estudios de peligro y operatividad (HAZOP)	Proceso general de identificación de peligros, para definir posibles desviaciones del desempeño previsto, utilizando un sistema basado en palabras guía.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de riesgo • Análisis de riesgo, especialmente para el análisis de consecuencias 	Se aplica para analizar sistemas de procesos químicos, sistemas y operaciones complejas, sistemas mecánicos y electrónicos entre otros.	Cualitativo. No hay posibilidad de un resultado cuantitativo.

Nombre	Descripción	Proceso valoración del riesgo	Aplicación	Enfoque
Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)	Busca identificar elementos que pueden influir en la calidad de un producto. Su objetivo es garantizar que los riesgos se minimicen mediante controles en el proceso, por lo que identifica peligros y establece controles para mantener la calidad, confiabilidad y seguridad de un producto.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de riesgo • Análisis de riesgo, especialmente para el análisis de consecuencias • Evaluación de riesgo 	Se aplica en la cadena alimentaria para controlar los riesgos de los contaminantes físicos, químicos o biológicos de los alimentos. También se usa en la fabricación de productos farmacéuticos y dispositivos médicos.	Cualitativo
Análisis de escenarios	Modelo descriptivo para identificar riesgos considerando posibles desarrollos futuros, explorando sus consecuencias y brindando herramientas para que las organizaciones se adapten a los cambios previsibles.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de riesgo • Análisis de riesgo, especialmente para el análisis de consecuencias 	Se aplica para anticipar la forma como pueden desarrollarse las amenazas y para planificar estrategias futuras. También para considerar las actividades existentes. Aplicar para todos los tipos de riesgo a corto y largo plazo.	Cualitativo
Análisis de árbol de fallas	Técnica deductiva que permite identificar y representa pictóricamente los factores causales que pueden llevar a la ocurrencia de un evento no deseado.	Análisis de riesgo, especialmente para determinar las probabilidades de ocurrencia del escenario analizado.	Se aplica de forma cualitativa para identificar las posibles causas de falla del evento no deseado o cuantitativamente para calcular la probabilidad de este, siempre que se conozcan las probabilidades de los eventos causales. Aplica para etapas de diseño, fase de operación y para analizar una falla que ha ocurrido.	Cualitativo o cuantitativo.
Índices de riesgo	Es una estimación del riesgo enfocada en una puntuación que utiliza escalas ordinales para comparar y calificar por niveles una serie de riesgos utilizando criterios similares.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de riesgo • Evaluación de riesgo 	Se utilizan para clasificar diferentes riesgos en una actividad y determinar qué riesgos necesitan análisis más detallados, posiblemente cuantitativos.	Cualitativo Semicuantitativa
Matriz de consecuencia y probabilidad	Medio para combinar calificaciones cualitativas y semicuantitativas de las consecuencias y las probabilidades, para estimar un nivel de riesgo. Permite priorizar escenarios para su tratamiento de riesgo, o determinar aquellos que necesitan análisis más detallados	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de riesgos • Análisis de Riesgos 	Se utiliza para clasificar los riesgos, las fuentes de riesgo o los tratamientos de riesgo sobre la base del nivel de riesgo, permitiendo determinar si un riesgo es aceptable o no Se puede utilizar en situaciones en las que no hay datos suficientes para un análisis detallado de la situación.	Cualitativo Semicuantitativo

DEFINICIONES

- **Accidente mayor:** Accidente mayor: todo acontecimiento repentino, como una emisión, un incendio o una explosión de gran magnitud, en el curso de una actividad en una instalación clasificada y que trascienda su perímetro, en el que estén implicadas una o varias sustancias químicas peligrosas y que exponga a los trabajadores, a la población, a los bienes, a la infraestructura o al ambiente a un peligro grave, inmediato o diferido. Un accidente mayor puede constituir un escenario de desastre, siempre y cuando cumpla con la generación de una afectación intensa, grave y extendida sobre las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad (MinTrabajo, 2021)
- **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, o 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, 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.
- **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).

- **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).
- **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, 2009).
- **Caracterización de escenarios de riesgo:** Es el proceso que 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 manejo (UNGRD, 2017).
- **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, 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, 2009).
- **Evento en cascada:** Cadena de eventos en la que un evento primario desencadena un evento secundario, que a su vez puede causar un evento terciario, etc. Durante los accidentes Natech, el riesgo de eventos en cascada es generalmente mayor que durante los accidentes tecnológicos convencionales (Krausmann et al., 2017).
- **Evento mayor:** Aquel generado durante el funcionamiento de cualquier actividad que suponga consecuencias importantes para las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, dentro o fuera del establecimiento, que sobrepasen la capacidad de respuesta interna o los que requiera la intervención de dos o más entidades del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre (UNGRD, 2013).
- **Eventos Natech:** Eventos de origen natural (p.ej. terremotos, tsunamis, inundaciones) que pueden desencadenar emergencias tecnológicas como incendios, fugas de materiales, explosiones. Las consecuencias de estos eventos son mucho más graves para las personas, el medio ambiente y la infraestructura, que las ocasionadas por un evento tecnológico o un evento natural por separado (UNGRD, 2018).
- **Fenómenos amenazantes:** Constituyen el conjunto de amenazas de origen natural, de origen socio-natural, de origen antrópico y amenazas concatenadas o complejas.
- **Frecuencia:** Número de eventos por una unidad de tiempo definida (ISO, 2009; UNGRD, 2017).
- **Gestión del riesgo:** Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia de este, 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, 2012)

- **Instalación:** es una unidad técnica a nivel de suelo o bajo tierra, en la que se producen, utilizan, manipulan o almacenan sustancias peligrosas; incluye todos los equipos, estructuras, tuberías, maquinaria, herramientas, ramales ferroviarios particulares, muelles de carga o descarga para uso de la instalación, depósitos o estructuras similares, estén a flote o no, necesarios para el funcionamiento de esa instalación (CCPS, 2009).
- **Nivel de riesgo:** Magnitud de uno o varios riesgos expresada mediante la combinación de las consecuencias y la probabilidad de ocurrencia (ISO, 2009). En Colombia, el nivel de riesgo se expresa comúnmente en tres categorías: Alto, Medio y Bajo mediante tres colores Rojo, Amarillo y Verde respectivamente. Su utilidad radica en que se convierte en la base para la estimación del costo/beneficio de las medidas de intervención territorial como la intervención correctiva y prospectiva del riesgo y la protección financiera (UNGRD, 2017).
- **Peligro:** Fuente o situación con capacidad de producir daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ellos (ARL SURA, 2020).
- **Probabilidad de ocurrencia:** Medida de la posibilidad de que un evento ocurra. (ISO, 2009; UNGRD, 2017).
- **Reducción del riesgo:** Es un 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, 2012)
- **Riesgo:** Es una combinación de la probabilidad de que ocurra una o más exposiciones o eventos peligrosos y la severidad del daño que puede ser causada por éstos
- **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, 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, 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) (Muñoz Giraldo et al., 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 Giraldo 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, 2009).
- **Valoración del riesgo:** incluye la identificación del riesgo, el análisis del riesgo y la evaluación del riesgo, concordante con el análisis y evaluación del riesgo en la Ley 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre (Decreto, 2017).
- **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, 2012).

SIGLAS

- **ALARP:** Acrónimo del inglés As Low As Reasonably Practicable (Tan bajo como sea razonablemente posible)
- **EMRE:** Estrategias Municipales de Respuesta
- **GRD:** Gestión del Riesgos de Desastres
- **ME:** Minero Energético
- **MinEnergía (MME):** Ministerio de Minas y Energía
- **NATECH:** Del acrónimo en inglés Natural hazards-triggered Technological accidents. Se refiere a eventos de origen natural que desencadenan accidentes tecnológicos o industriales.
- **OAAS:** Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales (MME & PNUD)
- **PGRD:** Planes de Gestión del Riesgo de Desastres
- **PGRDEPP:** Planes de Gestión del Riesgo de Desastres para Entidades Públicas y Privadas
- **PGRDSME:** Política de Gestión del Riesgo de Desastres del Sector Minero Energético
- **PIGCCME:** Plan Integral de Gestión de Cambio Climático del Sector Minero Energético
- **PMGRD:** Planes Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres
- **PNUD:** Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
- **POMCA:** Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
- **POMIUAC:** Planes de Ordenación y Manejo de Unidades Ambientales Costeras
- **POT:** Planes de Ordenamiento Territorial
- **SNGRD:** Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
- **UNGRD:** Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

REFERENCIAS

ARL SURA. (2020). *Glosario ARL*. Retrieved 20/06 from <https://www.arlsura.com/index.php/glosario-arl>

CCPS. (2009). *Guidelines for Process Safety Metrics* (J. W. Sons, Ed.).

CRC; UNGRD. (2021). *Guía técnica que facilite la implementación de los planes de gestión del riesgo de desastres de entidades públicas y privadas - PGRDEP: Decreto 2157 de 2017*. Bogotá : UNGRD.

Decreto 2157 Directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012, (2017).

Decreto 1347 (26 de octubre de 2021). Por el cual se adiciona el Capítulo 12 al Título 4 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, para adoptar el Programa de Prevención de Accidentes Mayores - PPAM". Ministerio del Trabajo. Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=173043>

ISO. (2009). ISO 31000: Risk Management-Principles and Guidelines. In (Vol. 31000, pp. 24).

Lavell, A. (2007). *Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión del Riesgo*. In (pp. 42). Lima; Perú.: Comisión Europea; Comunidad Andina, Secretaría General; CAPRADE; Apoyo a la Prevención de Desastres de la Comunidad Andina PREDECAN; Consultora Nacional Spazio Ingeniería y Medio Ambiente.

Ley 1523. (24 de abril 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. Congreso de Colombia. Colombia. Consultado en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>

Ministerio de Minas y Energía . (2022). *Política de Gestión del Riesgo de Desastres del sector Minero Energetico* . Bogotá: Minenergía.

Munoz, F., Molina, W., Ocampo, F., Parra, L., Suarez, M. C., Ubaque, L., & Angarita, J. (2014). *Guía de referencia para la elaboración de análisis cuantitativos de riesgo*. In. Bogotá, Colombia.

Muñoz Giraldo, F., Amaya Gómez, R., Romero Bayona, R. P., & Arbeláez Naranjo, C. I. (2015). NOTAS DE CLASE: Conceptos generales de seguridad de procesos. In *Módulos para la formación de ingenieros en temas relacionados con seguridad de proceso* Ecopetrol S.A./Uniandes.

Resolución 1770 (9 de diciembre del 2013), Por la cual se crea y conforma la Comisión Técnica Nacional Asesora de Riesgos Tecnológicos. Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastre- UNGRD. Bogotá D.C.

UNGRD. (2017). Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes . Obtenido de Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres : <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20761/Terminologia-GRD-2017.pdf?sequence=2>

UNGRD. (2018). Lo que usted debe saber sobre riesgo tecnológico. In. Bogota.



COLOMBIA
POTENCIA DE LA
VIDA



Energía

Ministerio de Minas y Energía

Sede Principal: Calle 43 No. 57 - 31

CAN - Bogotá D.C., Colombia

menergia@minenergia.gov.co

Línea Gratuita: 018000 910 180

Con apoyo de:
Global Green Growth Institute GGGI – UKPACT



Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD



Version 1 - 2023

