

ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Recomendaciones sobre incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en la formulación y/o actualización de instrumentos de manejo para proyectos mineros de materiales de construcción



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá, D. C.,  
Diciembre 2020

ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Recomendaciones sobre incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en la formulación y/o actualización de instrumentos de manejo para proyectos mineros de materiales de construcción

Hoja de control

INERCO Consultoría Colombia

Versión:	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha de aprobación:
	Área de Sostenibilidad, INERCO Consultoría Colombia	Yenny Mancera Coordinadora de proyecto V.º B.º:	Jose Alejandro Bernal Director Área de Sostenibilidad V.º B.º:	
1				Diciembre de 2020

Este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

INERCO Consultoría Colombia niega alguna responsabilidad con UPME y con terceros respecto de cualquier materia fuera del alcance anterior. Este informe es confidencial e INERCO Consultoría Colombia no acepta ninguna responsabilidad en absoluto, si otros tienen acceso a parte o la totalidad del informe.

Anotaciones:

---

---


---

ANÁLISIS DE RIESGO ANTE LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CADENA DE VALOR CORRESPONDIENTE A LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A DIVERSAS ESCALAS EN REGIONES PRIORIZADAS DEL PAÍS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PASOS CORRESPONDIENTES DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLADA POR UPME/MINENERGIA.

Recomendaciones sobre incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en la formulación y/o actualización de instrumentos de manejo para proyectos mineros de materiales de construcción

Hoja de control

Unidad de Planeación Minero Energética UPME

Versión: 1	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha de aprobación:  Diciembre de 2020
	 V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	Wilson Sandoval  V.º B.º:	

En la preparación de este Análisis de Riesgo ante la Variabilidad y Cambio Climático de la Cadena de Valor correspondiente a la Producción de Materiales de Construcción, INERCO Consultoría Colombia y la UPME utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales, así como de otras fuentes no gubernamentales. UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este informe ha sido preparado por INERCO Consultoría Colombia, con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con UPME.

Anotaciones:

---

---

---

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA.....	2
2. MEDIDAS Plan de Manejo Ambiental .....	3
3. MEDIDAS Planes de Trabajo y Obras de proyectos mineros de materiales de construcción 10	
4. Conclusiones sobre la metodología del análisis de riesgo.....	13
BIBLIOGRAFÍA .....	15

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1-1</b> Matriz de decisión para establecer el tipo de medidas de adaptación a implementar	3
<b>Tabla 2-1.</b> Programas de Manejo Ambiental.....	4
<b>Tabla 2-2.</b> Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PMA por componente.....	7
<b>Tabla 3-1.</b> Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PTO ..	11

## INTRODUCCIÓN

Para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la adaptación hace referencia a «la combinación de fortalezas, atributos y disponibilidad de recursos en una organización que puedan ser usados para incrementar el estado de preparación para atención de emergencias e implementar acciones que permitan reducir los impactos adversos, disminuir los daños o identificar nuevas oportunidades»<sup>1</sup>.

En 2015 el IPCC complementa la definición anterior al considerar que la adaptación es el «proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos»<sup>2</sup>.

De acuerdo al último informe de United Nations Environment Programme<sup>3</sup> sobre una revisión global de la legislación en materia de evaluación ambiental, una de las principales tendencias a nivel internacional en términos de sus marcos regulatorios es la incorporación de los impactos vinculados al cambio climático donde se busca que las evaluaciones de riesgo o vulnerabilidad al cambio climático no solo se enfoquen en analizar los impactos y riesgos esperados que pueden afectar un área o sector específico, sino que también analicen la capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático.

De acuerdo con lo anterior, en el marco de esta consultoría se analizó la capacidad de adaptación del subsector de materiales de construcción ante los eventos de cambio climático y variabilidad climática. Para tal efecto, se realizó inicialmente un análisis de riesgos climáticos a través de la implementación de unos pasos metodológicos basados en la metodología creada por Minenergía y la UPME, y ajustados de acuerdo con los avances que en materia de análisis de riesgos climáticos ha trabajado el sector minero energético, incluyendo esta consultoría. Con base en los resultados del respectivo análisis de riesgo, se establecieron los tipos de medidas de adaptación a implementar para llegar finalmente a una recomendación de medidas de adaptación específicas que las empresas del subsector de materiales de construcción pueden considerar e implementar en sus operaciones.

Ahora bien, en Colombia, el Decreto 1076 señala en el artículo 2.2.2.3.5.1 que el estudio de impacto ambiental (EIA) es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exige en todos los casos en que se

---

<sup>1</sup> IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012). Managing the Risks of Extreme events and disasters to advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel. (C. U. Press, Ed.) Disponible en: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf).

<sup>2</sup> IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2015). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.

<sup>3</sup> UNEP-United Nations Environment Programme (2018). Assessing Environmental Impacts. A Global Review of Legislation, Nairobi, Kenya. Disponible en: <https://europa.eu/capacity4dev/uneep/documents/assessing-environmental-impacts-global-review-legislation>

requiere licencia ambiental de acuerdo con la ley. En su contenido se deben presentar entre otros aspectos los estudios de línea base ambiental para los medios abiótico, biótico y socioeconómico al igual que el Plan de Manejo Ambiental.

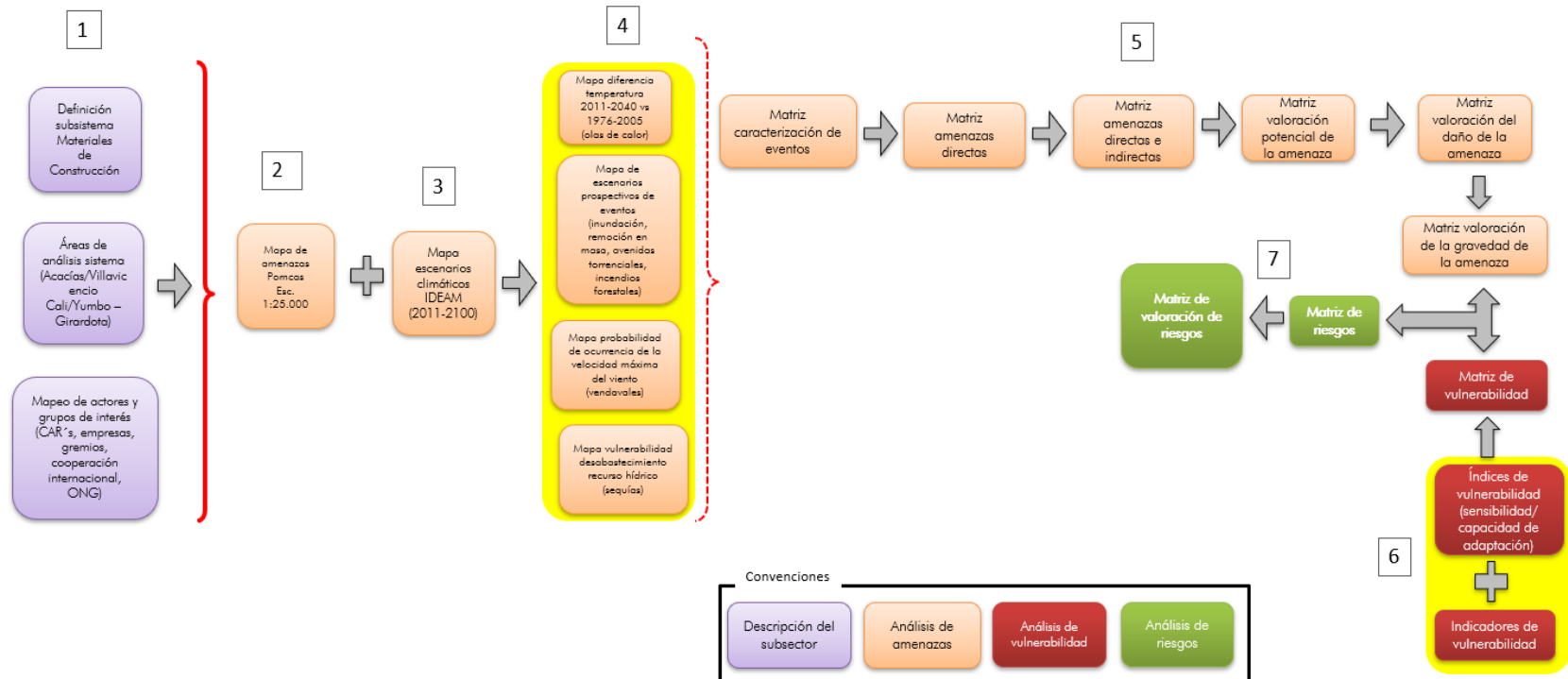
Según lo anterior, y con las tendencias que incluso ha mostrado el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de incluir en las licencias ambientales los planes de gestión de cambio climático que incluyen el componente de adaptación, a continuación, se presenta una síntesis de la metodología adoptada a lo largo de la consultoría contratada por la UPME para analizar el riesgo ante la variabilidad y cambio climático de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción, y de acuerdo con los resultados de dicho análisis (que se presentan en los capítulos anteriores), se incluyen algunas recomendaciones de medidas de adaptación que podrían incorporarse en los planes de manejo ambiental (PMA) y en los planes de trabajos y obras (PTO) de las compañías mineras que integran el sector de explotación y producción de agregados pétreos.

## 1. SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el análisis de vulnerabilidad y riesgo para el subsistema de materiales de construcción y su entorno frente al cambio climático y la variabilidad climática sigue la línea metodológica establecida en el estudio *Consultoría para la formulación del plan de gestión integral de cambio climático del sector minero-energético, que responda a las obligaciones establecidas en el artículo 170 de la Ley 1753 de 2015*, elaborado por INERCO Consultoría Colombia para el Ministerio de Minas y Energía, pero introduce mejoras en varios aspectos.

De acuerdo con lo anterior, la metodología que permite obtener los escenarios de riesgos prospectivos por evento y por componente del subsistema de materiales de construcción se articula mediante un análisis que se realiza en los pasos que se presentan en la figura 1-1. En cuanto a la definición del tipo de medidas de adaptación que se recomienda implementar, esta depende de los resultados del análisis de riesgos y de la importancia que tiene cada componente de la cadena de valor en el subsistema. Este último aspecto se explica en el paso ocho de la síntesis metodológica que se presenta a continuación.

**Figura 1-1** Esquema metodológico para la estimación y cálculo de las vulnerabilidades y riesgos del subsector de materiales de construcción en Colombia



Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020.

1. El primer paso es la definición y caracterización de los componentes de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción (administrativo y financiero, recursos humanos, cadena de suministro, extractivo, almacenamiento temporal, beneficio, transporte y comercialización, gestión ambiental, cierre minero y entorno social y ambiental). Asimismo, se realiza el mapeo de actores y grupos de interés con los cuales se interactuará para obtener información de primera mano que permita complementar la caracterización del subsector y de las áreas de análisis. Dichos datos serán empleados para los análisis posteriores.
2. En el segundo paso se incorporan a un Sistema de Información Geográfica (SIG) los mapas de las amenazas objeto de análisis, en este caso específico, se tomaron los mapas de inundación, remoción en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales que se presentan en los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) a escala 1:25.000 que cubren las áreas de estudio. Para este estudio se contó con la existencia de esta información que aporta a una escala de buen detalle la cartografía de algunas de las amenazas que se analizan dentro del marco metodológico.
3. El tercer paso es incorporar al SIG los mapas *raster* de las estimaciones del escenario de cambio climático para temperatura y precipitaciones elaborado por el IDEAM para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.
4. El cuarto paso consiste en generar los mapas de escenarios prospectivos del posible comportamiento de los eventos analizados (inundaciones, remoción en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales) en términos de los escenarios de cambio climático futuro. Para este efecto se cruzaron los mapas de las estimaciones del escenario de cambio climático elaborados por el IDEAM para precipitaciones con los mapas de amenaza de inundaciones, remoción en masa y avenidas torrenciales de los POMCA que cubren las áreas de estudio. Igualmente se cruzó el mapa de escenario de cambio climático para temperatura con el mapa de incendios forestales del POMCA.

Asimismo, se tuvo en cuenta el mapa de diferencia de temperatura 2011-2040 vs 1976-2005 del IDEAM para el análisis de la amenaza de las olas de calor, y el mapa de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Estudio Nacional del Agua de 2014 para el mapa de amenaza de sequía. Esta información se cruzó con los escenarios del IDEAM de aumento de temperatura y disminución de la precipitación.

De este ejercicio se obtiene la propensión de cada área a sufrir con mayor o menor intensidad los eventos en cuestión dada la variación de la precipitación y temperatura, según corresponda. Esta descripción del comportamiento futuro del evento es un escenario, es decir, no es una predicción, ni una estimación probabilística, sino una descripción de un comportamiento plausible del evento en esas condiciones.

5. En el quinto paso se elaboran las matrices de amenazas en las que se ejecutan distintos análisis (como se muestra a continuación) teniendo en cuenta el escenario prospectivo 2011 – 2040 de cambio climático del IDEAM, debido a que las predicciones de dicho

escenario son las que cuentan con menor nivel de incertidumbre y, por lo tanto, son las que se utilizan para analizar el riesgo de la cadena de valor del subsector de materiales de construcción ante los eventos de cambio climático y variabilidad climática.

En el análisis de las matrices se establece inicialmente la matriz de caracterización de los eventos y subeventos (inundación, remoción en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales, sequía y olas de calor) por incremento y disminución de precipitación al igual que por aumento de temperatura y variabilidad climática, a partir del análisis de los mapas de escenarios prospectivos de eventos y de amenazas (escenario 2011 – 2040).

Luego se establece la matriz de amenazas directas con el propósito de determinar la posibilidad de que los sub eventos del cambio climático constituyan una amenaza para cualquiera de los componentes del sistema minero o para su entorno.

Seguidamente, se establece la matriz de amenazas directas e indirectas para cada componente del subsistema minero con el propósito de identificar las posibles amenazas indirectas sobre cada uno de los componentes del sistema minero que se derivan de las amenazas directas identificadas en la matriz anterior. Después, se calcula la matriz de valoración potencial de la amenaza con el propósito de asignar la posibilidad de ocurrencia de las amenazas (daño) directas e indirectas identificadas de acuerdo con escala 1 a 3, siendo 3 la posibilidad más alta.

Luego, se calcula la matriz de valoración del daño de la amenaza con el propósito de asignar el potencial de daño derivado de cada amenaza directa e indirecta de acuerdo con una escala compuesta de dos factores, centralidad del elemento afectado y potencial de modificación del elemento afectado. La escala de daño establecida va de 1 a 3, siendo 3 el mayor nivel de daño.

Por último, se obtiene la matriz de valoración de gravedad de la amenaza con el propósito de sintetizar el análisis de amenazas y determinar la gravedad de cada una en función de las asignaciones previas de posibilidad y potencial de daño. De acuerdo con este análisis se clasifican las amenazas en graves, relevantes y secundarias.

6. En el sexto paso se establecen los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación para obtener la vulnerabilidad del sistema minero. A cada indicador se asignan pesos y de acuerdo con las calificaciones de los indicadores y los pesos que se han establecido para cada uno, se obtienen los índices de vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación).
7. En el séptimo paso se cruzan la matriz de valoración de la gravedad de la amenaza con la matriz de vulnerabilidad para obtener en primera instancia la matriz de riesgos y posteriormente la matriz de valoración de riesgos derivados de los eventos del cambio climático y la variabilidad climática para cada uno de los componentes del subsistema de producción de materiales de construcción.

8. Una vez ejecutado el análisis de riesgo con los siete pasos anteriores, se establece la importancia de los componentes de la cadena de valor teniendo en cuenta el grado de influencia y dependencia de cada uno. A partir de la importancia de los componentes y los resultados de la valoración de riesgos, se establece el tipo de medidas de adaptación que se recomienda implementar en cada caso mediante la matriz de doble entrada que se presenta en la tabla 1-1, en esta los componentes de la cadena de valor se han organizado de acuerdo con la importancia calculada en el ejercicio realizado por los expertos que participaron en el desarrollo de la consultoría.

**Tabla 1-1** Matriz de decisión para establecer el tipo de medidas de adaptación a implementar

Componente	Centralidad componente	Nivel de riesgo		
		1 bajo	2 medio	3 alto
Componente Recursos Humanos	43,33	Reducir	Reducir	
Componente Administrativo, Financiero	34,13			
Componente Extractivo	22,50			
Componente de Gestión Ambiental	16,36			
Componente Cadena de Suministro	15,00			
Componente Almacenamiento Temporal	9,17	Aceptar	Transferir	
Componente entorno social y ambiental	9,17			
Componente Beneficio	7,08			
Componente Transporte y Comercialización	6,67			
Componente de Cierre Minero	4,50			

Fuente: INERCO Consultoría Colombia, 2020

## 2. MEDIDAS PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

De acuerdo con la Ley 99 de 1993 el Plan de Manejo Ambiental es «el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad».

En este sentido, el Plan de Manejo Ambiental del proyecto minero de explotación de materiales de construcción deberá contener lo siguiente:

- Las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto, obra o actividad en el medio ambiente y/o a las comunidades durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación del proyecto;
- El programa de monitoreo del proyecto con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del Plan de

Manejo Ambiental, y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes. Asimismo, evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto del proyecto, obra o actividad, la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de las medidas correctivas necesarias y aplicables a cada caso en particular;

- Los costos proyectados del Plan de Manejo en relación con el costo total del proyecto y cronograma de ejecución del Plan de Manejo.

En el año 2016 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) expidió la Resolución 2206 por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental de explotación minera, que incluye los materiales de construcción, identificados con el código TdR-13. En estos términos de referencia no se encuentra una descripción detallada del contenido de los Programas de Manejo Ambiental, por lo cual, para tener una referencia del contenido de estos programas, se toma la información que se incluye en los Términos de Referencia para explotación de materiales de construcción del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) del año 2010 como se presentan en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1.** Programas de Manejo Ambiental

MEDIO	PROGRAMAS
Abiótico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de manejo del recurso suelo</li> <li>• Programa manejo de estériles y escombros</li> <li>• Programa de manejo del recurso hídrico y obras para control de erosión</li> <li>• Programa de manejo de recurso aire</li> <li>• Manejo de residuos sólidos</li> <li>• Manejo de Combustibles y sustancias químicas</li> <li>• Manejo de explosivos y voladuras</li> </ul>
Biótico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de manejo de flora</li> <li>• Programa manejo de fauna.</li> <li>• Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en peligro crítico en veda o aquellas que no se encuentren registradas dentro del inventario nacional o que se cataloguen como posibles especies no identificadas.</li> <li>• Programa y protocolos para el manejo y salvamento de especies de fauna y para su reincorporación de los individuos al medio natural, donde se analice la capacidad de carga animal de los sitios receptores.</li> <li>• Programa para el desarrollo y fomento de ecosistemas y especies de flora y fauna afectables por el proyecto.</li> <li>• Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto, teniendo en cuenta la determinación y delimitación de los ecosistemas y especies de flora y fauna de especial interés</li> <li>• Programa manejo paisajístico. Diseño paisajístico de las áreas intervenidas y recuperadas, especies a utilizar en cantidad y calidad.</li> <li>• Programa de compensación</li> </ul>
Socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de información y participación comunitaria.</li> <li>• Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto.</li> <li>• Programa de reasentamiento de la población afectada.</li> <li>• Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional.</li> <li>• Programa de capacitación, educación y concientización a la comunidad aledaña al proyecto.</li> <li>• Programa de contratación de mano de obra local.</li> </ul>

MEDIO	PROGRAMAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de afectación a terceros.</li> <li>• Programa de compra de servidumbres.</li> <li>• Programa de compensación social</li> <li>• Programa de arqueología preventiva.</li> </ul>

Fuente: MAVDT, 2010

Se debe tener en cuenta que los tomadores de decisiones públicas y privadas están adquiriendo consciencia de los impactos potenciales del cambio climático del aumento de la vulnerabilidad y, en consecuencia, de la necesidad de implementar medidas de adaptación, definidas como el «Ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas»<sup>4</sup>.

Las implicaciones del cambio climático exceden los efectos directos del clima sobre la infraestructura y las operaciones mineras, por lo que deben formar parte integral de la planificación a largo plazo. Por esta razón, aunque con bastante lentitud, las empresas extractivas líderes han comenzado a considerar los riesgos climáticos en sus evaluaciones de gestión de riesgos corporativos, incluyendo el cumplimiento de las regulaciones relacionadas, la percepción de los accionistas y los clientes, el control de los gases de efecto invernadero<sup>5</sup>.

Aún, bajo la creciente presión ejercida por accionistas, reguladores y consumidores, persiste una gran incertidumbre sobre las proyecciones climáticas que, sumadas a las fuertes inversiones requeridas para diseñar, construir o modernizar la infraestructura para la adaptación, ha hecho que el grueso de las empresas mineras postergue la inclusión del riesgo climático dentro de los procesos de toma de decisión<sup>6</sup>.

Algunas medidas genéricas relacionadas con la adaptación son<sup>7</sup>

- Evaluar la incorporación de los objetivos de adaptabilidad al cambio climático en los propósitos de sostenibilidad corporativa.
- Involucrar a la alta gerencia en los objetivos de la adaptación e identificar las unidades de negocio claves para apoyar estas actividades que responderán a las consecuencias del cambio climático.

<sup>4</sup> IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth assessment report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.

<sup>5</sup> INERCO Consultoría Colombia. (2015). Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y de líneas gruesas de medidas. Bogotá.

<sup>6</sup> Rodgers, C., Sparling, E., Wiles, A., & Douglas, A. (2014). Understanding mining policy drivers and barriers in the context of climate change impacts and adaptation. Obtenido de Natural Resources Canada, Climate change impacts and adaptation division: [http://www.climateontario.ca/doc/p\\_ECCC/AP049\\_MIRARCO\\_RSI\\_Mining\\_Policy\\_Report-Final.pdf](http://www.climateontario.ca/doc/p_ECCC/AP049_MIRARCO_RSI_Mining_Policy_Report-Final.pdf). P. 10.

<sup>7</sup> International Council on Mining and Metals (ICMM). (2013). *Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry*. Obtenido de <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/climate-change/adapting-to-climate-change>. p. 41.

- Proporcionar capacitación y oportunidades de educación en temas relacionados con los impactos climáticos, los enfoques de la adaptabilidad y la relación de estos con las operaciones del negocio.
- Identificar y compartir herramientas internas, modelos operacionales, mejores prácticas y lecciones aprendidas en la industria minera y el área geográfica.
- Concientizar a las comunidades circundantes sobre los impactos que el cambio climático generará en ellas (disponibilidad hídrica, salud, energía, transporte, etc.). Promover el enlace de estas comunidades con programas existentes.
- Comunicar externamente las actividades pertinentes y sus motivaciones (riesgos, amenazas, vulnerabilidad y sensibilidad) para atender los impactos climáticos futuros.
- Participar en talleres y conferencias para entender mejor los impactos del cambio climático, las opciones de adaptación, las herramientas actualizadas y los recursos existentes.
- Compartir conocimientos técnicos y prácticos con otros actores.
- Valorar la complejidad y la duración prevista en las actividades consideradas
- Evaluar la infraestructura existente como carreteras, energía y abastecimiento hídrico.
- Considerar la afectación sobre el uso y el desarrollo futuro del territorio con las acciones propuestas.
- Contemplar el costo de capital, operación y mantenimiento de las medidas.

La tabla 2-2 presenta las medidas de adaptación al cambio climático que se pueden incorporar a la estructura del Plan de Manejo Ambiental de explotaciones mineras de materiales de construcción por programa, tipo de medida y por componente de la cadena de valor que tiene relación. En algunos programas y medidas es posible incluir la amenaza asociada.

Tabla 2-2. Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PMA por componente

MEDIO	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
Abiótico	<b><u>Programa de manejo del recurso suelo</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejoramiento de sistemas de drenaje para facilitar la infiltración y reducir así la escorrentía superficial rápida.</li> <li>Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>Manejo de matorrales y arbustos para evitar los incendios forestales.</li> <li>Elaborar el plan de manejo de incendios forestales bajo la expectativa de incendios forestales más intensos y frecuentes que los registrados hasta el momento.</li> </ul>	Incendios forestales	Prevención/ Mitigación	Extractivo  Almacenamiento temporal  Cierre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar técnicas de bioingeniería para control de erosión y estabilización de taludes.</li> </ul>	Deslizamientos	Mitigación	Extractivo
	<b><u>Programa de manejo del recurso hídrico</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar medidas de defensa contra inundaciones (diques, muros de contención).</li> <li>Diseñar la infraestructura y las estructuras físicas mineras con mayor grado de robustez.</li> <li>Fortalecimiento de los sistemas de alertas tempranas por eventos climáticos</li> <li>Mejorar los sistemas de captación y drenaje para afrontar lluvias más intensas.</li> </ul>	Inundaciones Avenidas torrenciales	Prevención/ Mitigación	Extractivo Almacenamiento temporal Beneficio Cierre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considerar el funcionamiento de los sistemas de bombeo y tratamiento de aguas residuales en condiciones de emergencia climática.</li> <li>Evaluar alternativas en los procesos de trituración y molienda que requieran menores volúmenes de agua.</li> <li>Explorar alternativas de suministro hídrico (almacenamiento de aguas lluvias o de inundación por ejemplo), captadores de niebla, uso eficiente de agua y tratamiento y reciclaje de aguas residuales.</li> <li>Evaluar los riesgos por difícil acceso o mayor competencia por el recurso hídrico.</li> </ul>	Sequía	Prevención/ Mitigación	Beneficio  Cadena de suministros
	<b><u>Manejo de Combustibles y sustancias químicas</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contar con plantas de generación de energía para operar durante la emergencia.</li> <li>Aumentar la capacidad de almacenamiento de materiales esenciales, combustible y productos utilizados.</li> </ul>		Prevención	Extractivo Almacenamiento temporal Beneficio

MEDIO	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
	<b><u>Programa de manejo de recurso aire</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar procesos eficientes y tecnologías más limpias en la generación de emisiones y el consumo energético e hídrico.</li> <li>Desarrollar planes de contingencia climática robustos.</li> </ul>		Prevención	Extractivo Almacenamiento temporal Beneficio
Biótico	<b><u>Programa para el desarrollo y fomento de ecosistemas y especies de flora y fauna afectables por el proyecto.</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conservación de ecosistemas vulnerables al cambio climático, estratégicos para la provisión de agua.</li> </ul> <b><u>Programa de compensación</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Considerar la diversificación geográfica como una estrategia para gestionar los impactos climáticos regionales potencialmente graves.</li> <li>Incrementar la cobertura forestal mediante plantaciones forestales con fines de captura de carbono.</li> </ul>		Prevención	Gestión ambiental Cierre
	<b><u>Programa manejo paisajístico</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar la proximidad de la infraestructura minera con respecto a vegetación susceptible de incendiarse.</li> </ul>	Incendios forestales	Prevención	Extracción Almacenamiento temporal Beneficio
Socioeconómico	<b><u>Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto.</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar la disponibilidad de personal entrenado en atención de incendios, cercanía de fuentes hídricas y existencia de equipos de extinción de incendios.</li> </ul>	Incendios forestales	Prevención	Recursos humanos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar protocolos para la atención de enfermedades transmitidas por vectores ante el aumento de la exposición asociado a los aumentos de temperatura.</li> </ul>	Sequía		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construir procedimientos de emergencia y planes de contingencia para afrontar los riesgos asociados con los eventos naturales extremos y pandemias.</li> <li>Apoyar con información y conocimiento los procesos de gestión legislativa y normativa de la adaptación climática.</li> <li>Crear programas específicos de formación que contribuyan a adquirir capacidades y herramientas sobre cambio climático.</li> <li>Evaluar los riesgos de salud y seguridad surgidos de los cambios climáticos.</li> <li>Fortalecimiento de los sistemas de alertas tempranas por eventos climáticos</li> </ul>		Prevención	Administrativo y financiero  Recursos humanos

MEDIO	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
	<p><b><u>Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar al nivel local las proyecciones de los escenarios climáticos nacionales.</li> <li>• Trabajar con las autoridades locales y regionales para fomentar la gestión de inundaciones y los planes de mitigación.</li> <li>• Efectuar una permanente identificación y evaluación de los riesgos climáticos.</li> <li>• Llevar al nivel local las proyecciones de los escenarios climáticos nacionales.</li> <li>• Desarrollar planes de contingencia climática robustos.</li> </ul> <p><b><u>Programa de afectación a terceros</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la disponibilidad de servicios de atención en salud básicos y medios de transporte para el personal afectado durante el evento extremo.</li> <li>• Poner a disponibilidad del cuerpo de bomberos local y los servicios de emergencia las herramientas y la logística que se requiera en caso de incendios en la zona.</li> </ul>		Prevención	<p>Administrativo y financiero</p> <p>Componente entorno social y ambiental</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar mecanismos de aseguramiento contra riesgos o evaluar el alcance de las pólizas que cubren los fenómenos meteorológicos extremos, la continuidad del negocio y la interrupción de las operaciones.</li> </ul>		Transferir	Administrativo y financiero
	<p><b><u>Programa de capacitación, educación y concientización a la comunidad aledaña al proyecto</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño e implementación de un plan de educación, formación, capacitación, sensibilización y difusión de información sobre el cambio climático.</li> <li>• Trabajar con las comunidades circundantes para evitar la competencia o las discordias por el acceso al recurso hídrico.</li> <li>• Compartir información científica sobre cambio climático, impactos y gestión de riesgos con los gobernantes locales y los líderes comunitarios.</li> <li>• Establecer relaciones con las comunidades locales para comunicar las acciones de adaptación, los riesgos potenciales y sistemas de alerta temprana.</li> <li>• Crear o participar en las iniciativas de colaboración con las estrategias locales o regionales.</li> </ul>		Prevención	Componente entorno social y ambiental

Fuente: INERCO (2015)

### 3. MEDIDAS PLANES DE TRABAJO Y OBRAS DE PROYECTOS MINEROS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El Programa de Trabajos y Obras es el instrumento que suministra la base técnica, logística, económica y comercial para tomar la decisión de invertir y desarrollar un proyecto minero según se expresa en los Términos de Referencia del trabajo de exploración, programa mínimo exploratorio y programa de trabajos y obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino acogidos mediante Resolución No. 299 del 13 de junio de 2018.

En este sentido, el Programa de Trabajos y Obras (PTO) ejecutado con base en los trabajos de exploración, desarrolla el análisis de mercados, el planeamiento y diseño de las explotaciones de la sustancia mineral, beneficio y transformación, el estudio de la infraestructura de transporte y puerto de cargue, la evaluación financiera del proyecto y la promoción de los minerales. El contenido del PTO es el siguiente:

- Delimitación definitiva del área de explotación.
- Mapa topográfico de dicha área.
- Detallada información cartográfica del área y, si se tratare de minería marina especificaciones batimétricas.
- Ubicación, estimación y clasificación de las reservas que habrán de ser explotadas en desarrollo del proyecto.
- Descripción y localización de las instalaciones y obras de minería, depósito de minerales, beneficio y transporte y, si es del caso, de transformación.
- Plan Minero de Explotación, que incluirá la indicación de las guías técnicas que serán utilizadas.
- Plan de Obras de Recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del sistema alterado.
- Escala y duración de la producción esperada.
- Características físicas y químicas de los minerales por explotarse.
- Descripción y localización de las obras e instalaciones necesarias para el ejercicio de las servidumbres inherentes a las operaciones mineras.
- Plan de cierre de la explotación y abandono de los montajes y de la infraestructura.

La tabla 3-1 presenta las medidas de adaptación al cambio climático que se pueden incorporar a la estructura del Plan de Trabajo y Obras explotaciones mineras de materiales de construcción incluyendo la amenaza asociada, el tipo de medida y los componentes de la cadena de valor que tienen relación.

**Tabla 3-1.** Medidas de Adaptación al Cambio Climático que se pueden incorporar al PTO

PROCESO Y/O PLAN	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
Instalaciones y obras de minería, depósito de minerales, beneficio y transporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar alternativas en los procesos de trituración y molienda que requieran menores volúmenes de agua.</li> <li>• Establecer criterios de diseño mínimos específicos que se apliquen a las nuevas infraestructuras para protegerlas de eventos climáticos extremos.</li> <li>• Seleccionar los sitios para la instalación de la infraestructura teniendo en cuenta la exposición a eventos climáticos</li> <li>• Diseñar medidas de defensa contra inundaciones.</li> <li>• Mejorar los sistemas de captación y drenaje para afrontar lluvias más intensas.</li> <li>• Considerar los suministros energéticos e hídricos en condiciones de emergencia climática.</li> <li>• Diversificar la base de proveedores.</li> <li>• Evaluar los riesgos por difícil acceso o mayor competencia por el recurso hídrico.</li> <li>• Explorar alternativas de suministro hídrico (almacenamiento de aguas lluvias o de inundación por ejemplo), uso eficiente de agua y tratamiento y reciclaje de aguas residuales.</li> <li>• Desarrollar sistemas de reciclaje y reutilización de productos.</li> <li>• Considerar rutas alternativas para el acceso de suministros durante períodos de emergencia climática.</li> <li>• Diseñar la infraestructura y las edificaciones mineras con mayor grado de robustez.</li> <li>• Aumentar la capacidad de almacenamiento de materiales esenciales, combustible y productos utilizados.</li> <li>• Revisar la proximidad de la infraestructura minera con respecto a vegetación susceptible de incendiarse.</li> <li>• Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>• Promoción e impulso de alternativas de aprovechamiento y reutilización de agua en el sector minero</li> <li>• Asegurar rutas u opciones alternativas de transporte para trasladar la producción a sitios de consumo minimizando el riesgo de retrasos.</li> <li>• Implementar programas de ahorro y uso eficiente de la energía y agua.</li> </ul>	Sequía Incendios forestales Inundaciones	Prevención/ Mitigación	<p>Extractivo</p> <p>Almacenamiento Temporal</p> <p>Beneficio</p> <p>Cadena de suministros</p> <p>Gestión ambiental</p> <p>Transporte y comercialización</p>

PROCESO Y/O PLAN	MEDIDAS	AMENAZA	TIPO DE MEDIDA	COMPONENTES
Plan de Obras de Recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del sistema alterado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humectar el suelo para facilitar la infiltración y reducir así la escorrentía superficial rápida</li> <li>• Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>• Uso de abonos orgánicos en la restauración de suelos</li> <li>• Implementación de barreras rompe vientos</li> <li>• Explorar alternativas de suministro hídrico (almacenamiento de aguas lluvias o de inundación por ejemplo), uso eficiente de agua y tratamiento y reciclaje de aguas residuales.</li> <li>• Captadores de niebla</li> <li>• Estabilización de pendientes y taludes mediante la construcción de obras de bioingeniería</li> <li>• Construcción de presas filtrantes</li> </ul>	Deslizamientos  Incendios forestales	Mitigación	Extractivo  Beneficio  Gestión ambiental  Componente entorno social y ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear o participar en las iniciativas de colaboración con las estrategias locales o regionales</li> <li>• Compartir información científica sobre cambio climático, impactos y gestión de riesgos con los gobernantes locales y los líderes comunitarios.</li> <li>• Trabajar con las comunidades circundantes para evitar la competencia o las discordias por el acceso al recurso hídrico.</li> </ul>		Prevención	
Plan de cierre y abandono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir cortafuegos apropiados y senderos perimetrales.</li> <li>• Muros de contención natural</li> <li>• Implementación de barreras rompe vientos</li> <li>• Uso de abonos orgánicos y acondicionamiento de suelos</li> </ul>	Incendios forestales Deslizamientos Inundaciones Avenidas torrenciales	Mitigación	Cierre  Gestión ambiental
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento y mejoramiento de cuerpos y cursos de agua para la regulación hídrica y disminución de estrés hídrico</li> <li>• Fortalecimiento de los sistemas de alertas tempranas por eventos climáticos</li> <li>• Conservación de ecosistemas vulnerables al cambio climático, estratégicos para la provisión de agua.</li> <li>• Crear o participar en las iniciativas de colaboración con las estrategias locales o regionales.</li> </ul>		Prevención	Componente entorno social y ambiental

Fuente: INERCO (2015)

#### 4. CONCLUSIONES SOBRE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGO

La metodología implementada para el análisis de riesgos climáticos y la definición de los tipos de medidas de adaptación que pueden implementar las empresas del subsector de materiales de construcción, parte de bases creadas por la UPME en 2015 e incorpora dos elementos que se evidenciaron como necesarios durante el desarrollo de la consultoría, estos elementos son, por un parte, los avances que el sector minero energético en cabeza del Minenergía ha trabajado en torno al análisis de riesgos climáticos y que se evidencian en el PIGCCme, y por otra, las características propias de esta consultoría entre las que se destaca la disponibilidad de información proveniente de fuentes oficiales como los Planes de Ordenamiento y Manejo de las cuencas hidrográficas de las áreas de estudio; estos documentos presentan información útil para el análisis de riesgo con un buen nivel de detalle.

La implementación de la metodología permitió identificar su potencialidad para ser replicada en otras áreas de estudio e incluso en otras industrias del sector minero energético, lo anterior, gracias a que la metodología maneja elementos comunes a todas las operaciones como por ejemplo, los componentes de la cadena de valor que a su vez fueron objeto de análisis al momento de definir los indicadores de vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación); sin embargo, tanto la metodología como las herramientas de las que dispone para analizar los riesgos climáticos permiten agregar o quitar los elementos que se requieran en cada caso, en ese sentido, pueden analizarse componentes más generales que abarquen todas las operaciones del sector minero energético. Es decir, la metodología puede aplicarse a análisis tan detallados o tan generales como se requiera y como la disponibilidad de información base lo permita, sin que la línea metodológica estructural varíe.

Por lo anterior, la metodología es aplicable a cualquier región del país e industria teniendo presente que el análisis se alimentará de las particularidades físicas, bióticas y sociales de la zona en la que se aplique y, por lo tanto, de la información disponible para realizar el análisis. Prueba de ello es que el análisis que se realizó en el marco de esta consultoría abarcó 3 áreas con características físico bióticas y sociales con diferencias marcadas y con métodos de explotación distintos.

Es de resaltar que los análisis fueron realizados por profesionales expertos que conocen la industria minera y que conjugan este conocimiento con el análisis de la información disponible de las áreas de estudio, esto quiere decir que los resultados dependen en gran medida de juicio de expertos que se basan en su conocimiento y en el uso de este para procesar la información proveniente de fuentes oficiales como el IDEAM y el análisis de amenazas que proviene de los POMCA, entre otras. Lo anterior quiere decir que los análisis se pueden realizar con información pública e incluso con información más detallada que las mismas empresas pueden aportar en la medida en que conocen las particularidades de su área de influencia y generan permanentemente información en el desarrollo y control de su operación.

Por último, la metodología puede ser aplicable a las diferentes escalas de tamaño de las operaciones del sector minero, en este caso particular, participaron empresas que desarrollan gran y mediana minería; sin embargo, el ejercicio podría replicarse en las pequeñas empresas que realizan actividades de minería de subsistencia y posiblemente a aquellas que no están formalizadas. Podría suceder que para este tipo de operaciones la gestión del cambio climático no es una prioridad; sin embargo, el ejercicio permitiría evidenciarlo y diagnosticar la situación para generar alertas y aportar al trabajo que el sector minero energético viene desarrollando en torno a la gestión del cambio climático.

## BIBLIOGRAFÍA

- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 Nivel Nacional*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- INERCO Consultoría Colombia. (2015). *Implementación del mapa de ruta para la adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificación de factores de vulnerabilidad del sector minero y de líneas gruesas de medidas*. Bogotá.
- International Council on Mining and Metals (ICMM). (2013). *Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry*. Obtenido de <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/climate-change/adapting-to-climate-change>
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth assesment report of Intergovernmental Panel on Climate Change*. Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme events and disasters to advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel*. (C. U. Press, Ed.) Obtenido de [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf)
- IPCC. (2015). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Génova, Suiza: R. y. Pachauri, Ed.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA para la explotación de materiales de construcción*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (26 de mayo de 2015). *Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 25 de febrero de 2021, de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/decretos?id=2093>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Resolución 2206 de 2016*. Recuperado el 25 de febrero de 2021, de <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/res%202206%202016-fe.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *TÉRMINOS DE REFERENCIA Los trabajos de exploración (LTE) y programa de trabajos y obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino*. Obtenido de [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/normativas/terminos\\_ref\\_exploracion\\_mineria.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/normativas/terminos_ref_exploracion_mineria.pdf)
- Rodgers, C., Sparling, E., Wiles, A., & Douglas, A. (2014). *Understanding mining policy drivers and barriers in the context of climate change impacts and adaptation*. Obtenido de Natural Resources Canada, Climate change impacts and adaptation division:

[http://www.climateontario.ca/doc/p\\_ECCC/AP049\\_MIRARCO\\_RSI\\_Mining\\_Policy\\_Report-Final.pdf](http://www.climateontario.ca/doc/p_ECCC/AP049_MIRARCO_RSI_Mining_Policy_Report-Final.pdf)

UNEP - United Nations Environment Programme. (2018). *Assessing Environmental Impacts. A Global Review of Legislation, Nairobi, Kenya*. Obtenido de <https://europa.eu/capacity4dev/unep/documents/assessing-environmental-impacts-global-review-legislation>