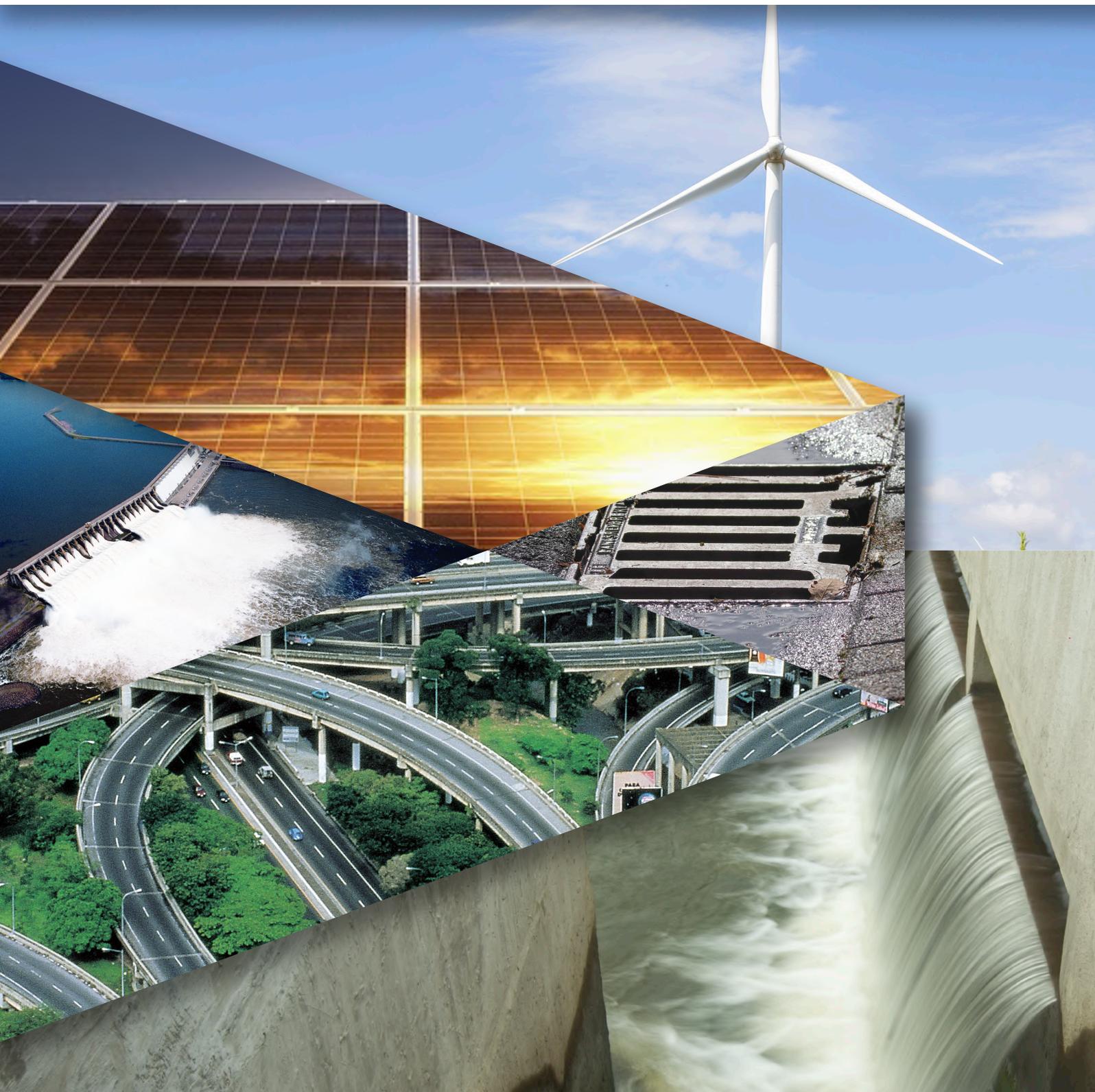
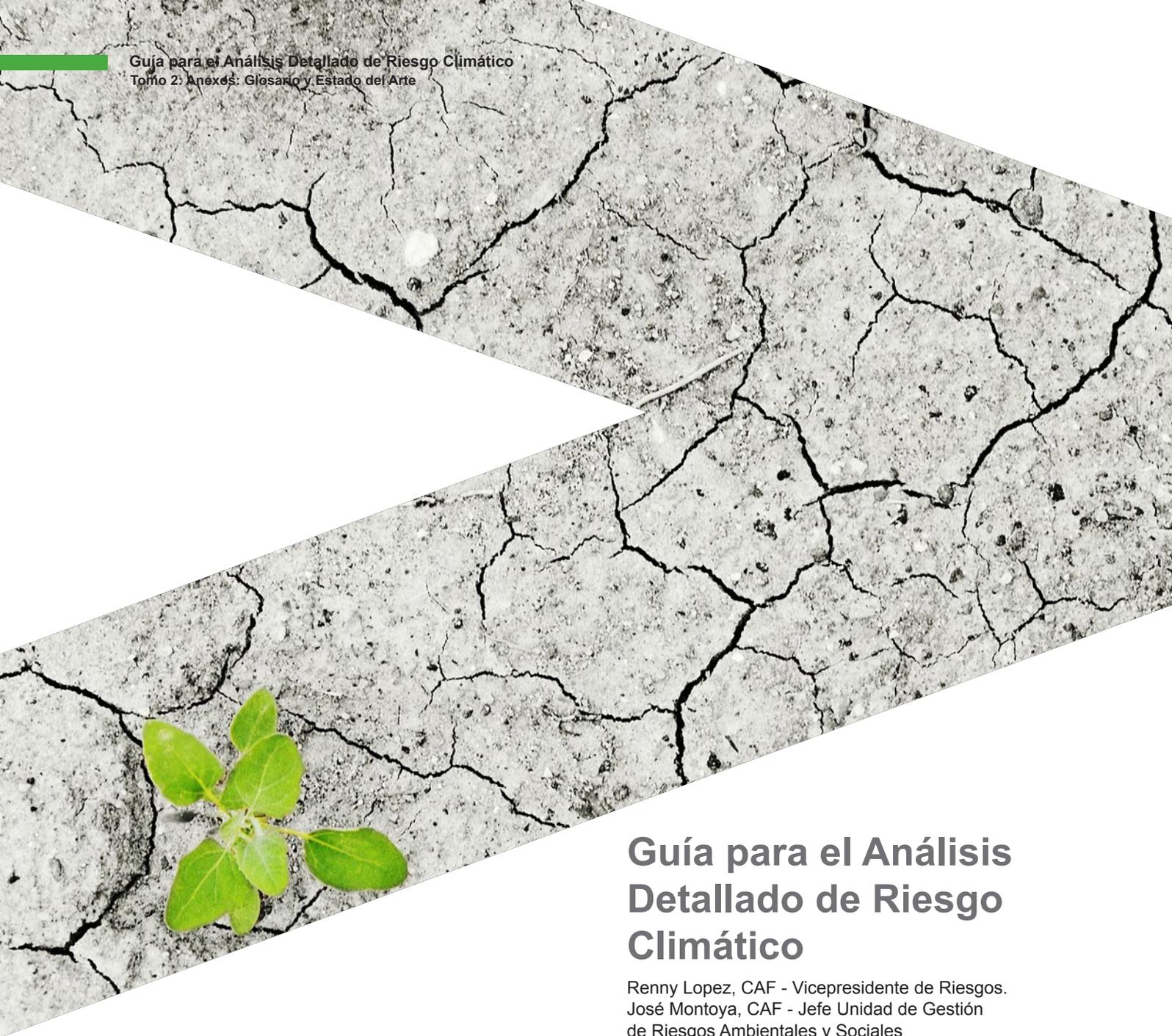


# GUÍA PARA EL ANÁLISIS DETALLADO DE RIESGO CLIMÁTICO

Tomo 2: Anexos: Glosario y Estado del Arte





# Guía para el Análisis Detallado de Riesgo Climático

Renny Lopez, CAF - Vicepresidente de Riesgos.  
José Montoya, CAF - Jefe Unidad de Gestión de Riesgos Ambientales y Sociales

**Editor:**  
CAF

**Equipo de trabajo:**

- Edgar Salas, CAF.
- Sandra C. Mendoza, CAF.
- Tatiana Kucharsky, Consultora CAF.

**Autores:**  
Consultora: consorcio Tecnalía - IH Cantabria:

- Jorge Paz
- Manuel del Jesus
- Elena Turienzo
- Salvador Navas
- Lexuri Yurrebaso
- José Antonio Martínez
- Nerea Tarrago
- Javier Díez
- Nieves Peña

**Imágenes de las publicaciones:**  
CAF y Pixabay

Este documento ha sido producido con la ayuda financiera de la Unión Europea y CAF. Las opiniones expresadas en este documento no pueden considerarse de ninguna manera como un reflejo de la opinión oficial de dichas instituciones.  
Diciembre, 2019.

## Contenido

---

1. Glosario	7
2. Estado del arte de las metodologías	23
2.1 General	25
2.1.1 Referencias consultadas	26
2.1.2 Referencias más relevantes	44
2.2 Por disciplinas transversales	62
2.2.1 Energía	62
2.2.2 Hidrología	67
2.2.3 Inundaciones	70
2.2.4 Socioeconómico	72
2.2.5 Ecológico	75
2.3 Por sectores	76
2.3.1 Energía solar	76
2.3.2 Energía eólica	81
2.3.3 Hidroenergía	87
2.3.4 Dotación de agua	94
2.3.5 Vial	98
2.3.6 Áreas urbanas	101
3. Referencias	124

## Figuras

---

Figura 1 Aspectos metodológicos transversales y sectores en los que son más aplicables	24
Figura 2 Curva de costos	48
Figura 3 Ejemplo de resultados	57
Figura 4 Muestra de interfaz web de RASOR	60
Figura 5 Ejemplo de salida del modelo	61
Figura 6 Complementariedad de los modelos OPTGEN y SDDP para la definición de los escenarios de expansión del sistema hidroeléctrico	65
Figura 7 Representación de las trayectorias de concentración representativas	73
Figura 8 Representación de la operativa SDDP	91
Figura 9 Ejemplo de árbol de decisión en el que se basa la operativa del modelo SDDP	91
Figura 10 Costos inmediatos y futuros en función del volumen turbinado	92
Figura 11 Obtención de caudales de entrada al modelo	93
Figura 12 Aspecto de la herramienta AQUEDUCT	96
Figura 13 Elementos que considera y relaciones	97
Figura 14 Elementos que considera y relaciones	117
Figura 15 Elementos que considera y relaciones	122

## Tablas

---

Tabla 1 Estructura de las fichas	44
----------------------------------	----



# 2 >

## TOMO 2: ANEXOS: GLOSARIO Y ESTADO DEL ARTE

1. Glosario	7
2. Estado del arte de las metodologías	23
3. Referencias	124

## Listado de Acrónimos

<b>BBDD</b>	Base de datos, es decir, conjunto de datos almacenados sistemáticamente.
<b>CAPEX</b>	Acrónimo de los términos ingleses “Capital expenditure”, hace referencia a las inversiones en bienes de capital y el valor de las mismas (p. ej. el valor de los equipos que forman parte de un proyecto de infraestructura).
<b>CBA</b>	Cost-Benefit Analysis o análisis coste-beneficio o costo -beneficio. También se emplean las siglas ACB.
<b>CC</b>	Cambio climático.
<b>CEA</b>	Coste-Effectiveness Analysis o Análisis de coste-efectividad o costo-efectividad. También se emplean las siglas ACE.
<b>CMIP5</b>	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, o Fase 5 del Proyecto de inter-comparación de modelos de clima acoplados, el principal marco internacional para el desarrollo de modelos de circulación general (GCMs) acoplados océano-atmósfera.
<b>CMIP6</b>	Fase 6 del proyecto CMIP.
<b>DRR</b>	Disaster risk reduction o Reducción del riesgo de desastres.
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamientos de Aguas Residuales.
<b>GCM</b>	General Circulation Model o Modelo de circulación general.
<b>IDEAM</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (entidad del Gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
<b>MCA</b>	Multi-criteria analysis o análisis multicriterio.
<b>OPEX</b>	Acrónimo inglés de “Operational expenditures” que hace referencia a un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Ha de entenderse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales.
<b>RCM</b>	Modelo Climático Regional, que se diferencia de los GCM en que analiza una región concreta del planeta.
<b>RCP</b>	Representative Concentration Pathway o Ruta de concentración representativa.
<b>GIS</b>	Sistema de información geográfica. También se emplean las siglas SIG.
<b>SNI</b>	Sistema Nacional de Información de Ecuador.
<b>SUIA</b>	Sistema Único de Información Ambiental de Ecuador.
<b>SSP</b>	Shared Socioeconomic Pathway o Ruta compartida socioeconómica.
<b>TCN</b>	Tercera Comunicación Nacional.
<b>UE</b>	Unión Europea.

# 1 > Glosario



Este apartado presenta el glosario de términos que se utilizará y recogerá en la “Guía para el Análisis Detallado de Riesgo Climático”, y está basado fundamentalmente en las definiciones empleadas por el IPCC en diversos informes ((137), (138), (139) y (140)). El IPCC constituye la principal referencia en este ámbito, pero desde la formulación de su metodología y concepción del análisis de riesgo, publicada en 2014, diferentes iniciativas han revisado sus planeamientos y propuesto aproximaciones alternativas. Este es el caso de los grupos de trabajo de la familia de normas ISO 14090 de la International Organization for Standardization (141). Es por ello que algunos de los términos que se definen a continuación se encuentran modificados o matizados frente a los planeamientos de IPCC. Igualmente, se añaden algunos nuevos términos de interés para exponer el planteamiento de esta guía.

## ADAPTACIÓN (AL CAMBIO CLIMÁTICO)

---

Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada.

En los sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar la adaptación al clima esperado y a sus efectos.

- Adaptación incremental. Hace referencia a medidas de adaptación cuyo objetivo central es mantener la esencia e integridad de un sistema o proceso a una determinada escala.
- Adaptación transformacional. Adaptación que cambia los atributos fundamentales de un sistema en respuesta al clima y sus efectos.

## ADAPTACIÓN BASADA EN LA COMUNIDAD

---

Adaptación local impulsada por la comunidad. Este tipo de adaptación centra su atención en el empoderamiento y la promoción de la capacidad de adaptación de las comunidades. Es un enfoque que toma el contexto, la cultura, el conocimiento, la organización y las preferencias de las comunidades como fortalezas.

## ADAPTACIÓN BASADA EN LOS ECOSISTEMAS

---

Uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. La adaptación basada en los ecosistemas usa una gama de oportunidades para la gestión sostenible, la conservación y la restauración de los ecosistemas para proporcionar servicios que permitan a las personas adaptarse a los impactos del cambio climático. Su objetivo es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y los seres humanos frente a los efectos adversos del cambio climático. La adaptación basada en los ecosistemas se integra en las estrategias de adaptación y de desarrollo (142).

## AMENAZA (CLIMÁTICA)

---

En esta guía, el término amenaza se refiere a los potenciales peligros que representa la probable manifestación de un fenómeno (climático) (ya se trate de un evento extremo o cambios progresivos) sobre el proyecto de infraestructura objeto de estudio. Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad.

Generalmente este término hace referencia a la ocurrencia potencial de un evento (climático), tendencia física o situación con potencial de producir un daño. (143). El potencial daño puede conllevar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos a la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, infraestructura, medios de vida, provisión de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. No obstante, en ocasiones

el cambio climático puede conllevar cambios en la operación de la infraestructura que no necesariamente sean perjudiciales, o que incluso reporten ventajas. En esta guía se emplea el término amenaza para hacer referencia a estos fenómenos en un sentido amplio, al margen de que tengan un efecto favorable o desfavorable para el proyecto.

## ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

---

En esta guía el concepto de vulnerabilidad se define como la propensión del proyecto de infraestructura a verse afectado de manera adversa. Para abordar su análisis es necesario considerar tanto la sensibilidad a la amenaza como la capacidad para hacerle frente.

No obstante, conviene hacer notar que el término vulnerabilidad es uno de los que más ha evolucionado en relación con el análisis de los impactos del cambio climático y en algunas de las fuentes y referencias citadas, el análisis de vulnerabilidad puede incluir uno o varios de los siguientes aspectos:

- la identificación de la exposición del sistema analizado<sup>1</sup>;
- la determinación de la sensibilidad del sistema;
- la identificación de los efectos del clima sobre el sistema;
- la capacidad adaptativa del sistema para hacer frente a estos cambios y peligros.

Véase capacidad de adaptación, exposición, sensibilidad y vulnerabilidad.

## ANÁLISIS DE UMBRALES

---

El análisis de umbrales es un enfoque que permite priorizar dónde y cuándo se necesitará una acción al comprender los puntos en los que se considera que un sistema ya no es efectivo (económica, social, tecnológica o ambientalmente) como resultado de las condiciones climáticas medias o extremas. (143) El análisis de umbrales puede incluir:

- la identificación de los componentes del sistema, sus dependencias e interdependencias;
- la identificación de umbrales sistémicos más allá de los cuales el rendimiento del sistema se verá alterado inaceptablemente;
- los umbrales climáticos en los que las operaciones y actividades alcanzan niveles intolerables de rendimiento.

## CADENA DE IMPACTO

---

Una cadena de impacto es una herramienta analítica que ayuda a entender mejor, sistematizar y priorizar los factores que impulsan la vulnerabilidad y riesgo climático del sistema estudiado. La estructura de la cadena de impacto se basa en la comprensión de la vulnerabilidad y el riesgo climático del proyecto o sistema estudiado, incluyendo relaciones causa-efecto(144). En la misma se identifican todos los elementos que integran el concepto de riesgo: amenazas, factores que determinan la exposición, la vulnerabilidad, etc. (3)



<sup>1</sup> Entendiendo como "sistema" el sistema en el que se encuentra embebido el proyecto objeto de análisis (sus límites y lo que le afecta directamente).

## CAMBIO CLIMÁTICO

Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su Artículo (137), define 'cambio climático' como: 'un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables'. La CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales (143).

Véase también Variabilidad climática.

## CAMBIO CLIMÁTICO RÁPIDO

La no linealidad del sistema climático puede llevar a un rápido cambio climático, lo que se denomina a veces fenómenos repentinos o incluso sorprendentes. Algunos de dichos cambios repentinos pueden ser imaginables, por ejemplo, la rápida reorganización de la circulación termohalina, la rápida retirada de los glaciares, o la fusión masiva del permafrost, que llevaría a unos rápidos cambios en el ciclo de carbono. Otros pueden suceder sin que se esperen, como consecuencia del forzamiento fuerte y rápidamente cambiante de un sistema no lineal.

## CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Capacidad de un sistema<sup>2</sup> para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas. Dentro de este término se engloban normalmente dos acepciones relativas a la distinción entre "capacidad de afrontar un cambio hoy" (denominada en inglés, "*coping ability*") y "capacidad de adaptarse a un cambio" (denominada en inglés "*adaptive capacity*") (145). El primero hace referencia a la habilidad de respuesta actual del sistema para afrontar un cambio, mientras que el segundo hace referencia a un estado futuro, es decir el potencial o la capacidad de un sistema a adaptarse a un estímulo/cambio climático o a sus efectos.

En el ámbito organizacional podría definirse como la capacidad de una organización para ajustarse/adaptarse al cambio climático (143). Esta capacidad adaptativa debe evaluar la capacidad existente para adaptarse a los impactos del cambio climático identificados, incluyendo recursos financieros; recursos humanos; recursos técnicos; y otras capacidades organizativas.

En el caso de las infraestructuras y proyectos objeto de esta guía, la capacidad de adaptación puede incluir diseños que les confieran una mayor resistencia frente a diferentes amenazas (diques que eviten inundaciones), características y diseños que reduzcan su sensibilidad frente a las amenazas climáticas (pavimentos que permitan drenar una mayor cantidad de agua, sistemas de evacuación de pluviales sobredimensionados, etc.), mayor capacidad para recuperarse frente a eventos extremos (redundancia de equipos, etc.) posibilidad de modificar o ampliar el proyecto en el futuro de manera eficiente, modificar los procedimientos de operación para adaptarse a la nueva realidad climáticas, etc.

<sup>2</sup> Entendiendo como "sistema" el sistema en el que se encuentra embebido el proyecto objeto de análisis (sus límites y lo que le afecta directamente).

## CIRCULACIÓN TERMOHALINA

---

Circulación a gran escala impulsada por la densidad en el océano, causada por las diferencias en temperatura y salinidad. En el Atlántico Norte, la circulación termohalina consiste en el flujo de agua cálida en la superficie, hacia el Norte, y de agua fría en profundidad, que se desplaza hacia el Sur, lo que resulta en un transporte neto de calor hacia el polo. El agua de la superficie se hunde en algunas regiones muy confinadas localizadas en altitudes altas.

## COSTOS DE OPORTUNIDAD

---

Los beneficios de una actividad perdidos como consecuencia de la elección de otra actividad.

## CO-BENEFICIOS

---

Los cobeneficios o “beneficios secundarios” son los efectos positivos que una política o medida destinada a un objetivo dado, pueda tener en otros objetivos, independientemente del efecto neto sobre el bienestar social general. Los cobeneficios están a menudo sujetos a la incertidumbre y dependen de las circunstancias locales y las prácticas de implementación.

## CRÍOSFERA

---

Componente del sistema climático que consiste en el conjunto de nieve, hielo, permafrost, por encima y por debajo de la superficie terrestre y oceánica.

## DEFORESTACIÓN

---

Conversión de bosque a “no bosque”.

Para más información sobre término bosque y términos relacionados, como la forestación, reforestación y deforestación, véase el Informe Especial del IPCC sobre Uso de la Tierra, Cambio de Uso y Silvicultura (146).

Véase también el informe sobre definiciones y opciones metodológicas para elaborar inventarios de las emisiones antropogénicas, degradación de los bosques y eliminación de la vegetación de otros tipos de vegetación (147).

## DESARROLLO SOSTENIBLE /SUSTENTABLE

---

Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (148).

## DESERTIFICACIÓN

---

Degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas, y zonas subhúmedas secas como resultado de diversos factores, que incluyen variaciones climatológicas y actividades humanas. Además, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación define la degradación de las tierras como una reducción o pérdida, en áreas áridas, semiáridas, y subhúmedas secas, de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras de cultivo regadas por lluvia o por aspersión, pastizales, pastos, bosques y zonas boscosas de como resultado del uso de las tierras o de un proceso o una serie de procesos determinados, entre los que se incluyen los producidos por actividades humanas y pautas de asentamiento; por ejemplo: i) la erosión del suelo causada por el viento y/o el agua; ii) el deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas o económicas del suelo; y iii) la pérdida de vegetación natural a largo plazo.

## DOWNSCALING

---

El *downscaling* o reducción de escala es un método que deriva a escala local (con celdas de entre 10 y 100 km de lado) información de modelos a gran escala. Existen dos tipos básicos de *downscaling*: el estadístico y el dinámico. El primero se basa en encontrar relaciones empíricas y/o estadísticas entre las variables mejor simuladas (presión, geopotencial, temperatura o parámetros derivados) en baja resolución por los modelos climáticos, y las variables de interés en la zona de estudio. El *downscaling* dinámico se basa en el aumento de resolución de los modelos en el área donde se sitúan las zonas de estudio. Esto puede hacerse aumentando directamente la resolución en dicha área, o bien anidando en el modelo climático de baja resolución un modelo de área limitada de alta resolución. La aplicación conjunta de ambos procedimientos (dinámico y estadístico) en un *downscaling* dinámico-estadístico permite aprovechar las ventajas de los dos tipos de *downscaling*.

## DRIVERS CLIMÁTICOS Y NO CLIMÁTICOS

---

Conforme al Millennium Ecosystem Assessment(149), un “*driver*” o impulsor es cualquier factor natural o inducido por el hombre que directa o indirectamente cause un cambio en un sistema dado. Un impulsor directo es un impulsor que influye inequívocamente en los procesos de los ecosistemas, como el cambio climático, y, por lo tanto, puede identificarse y medirse con diferentes grados de precisión. Un impulsor o driver indirecto es un impulsor que opera al alterar el nivel o la tasa de cambio de uno o más controladores directos. Se citan como “drivers” indirectos importantes los cambios en la población, la actividad económica y la tecnología, así como factores sociopolíticos y culturales.

Por tanto, entendemos por *drivers* climáticos aquellas variables climáticas que puedan impactar en un sector concreto y denominamos drivers no climáticos, como aquellas tendencias no climáticas que también podrían afectar al proyecto de infraestructura en estudio. Algunos ejemplos de drivers no climáticos serían: incremento de consumo de agua, incremento de la demanda energética, cambios en los usos del suelo, incremento de la población, etc.

## ESCENARIOS CLIMÁTICOS REGIONALIZADOS

---

En contraposición a los escenarios globales (desarrollados para el conjunto del planeta), los modelos regionalizados analizan áreas concretas del globo, de mayor o menor extensión, aunque con mayor resolución.

Los escenarios climáticos regionalizados sirven como referencia para elaborar estudios de impacto y vulnerabilidad específicos y valorar las necesidades de adaptación al cambio climático en diversos sectores y sistemas ecológicos, económicos y sociales.

Los escenarios climáticos constituyen estimaciones de los posibles rasgos futuros del clima. Muchos análisis de impactos, vulnerabilidad y de evaluación de riesgos futuros del cambio climático se basan en modelos de impacto que requieren escenarios cuantitativos de datos climáticos a una resolución espacial y temporal adecuada. Para construir los escenarios a mayor resolución sobre una zona concreta, se parte de modelos climáticos globales que son adaptados a las características propias de un país/región. Para ello se aplican técnicas de reducción de escala o *downscaling*, que permiten incorporar las características fisiográficas regionales (topografía, vegetación, línea de costa, etcétera) (véase *downscaling*).

## ECOSISTEMA

---

Sistema de organismos vivos que interactúan y su entorno físico. Los límites de lo que se puede denominar ecosistema son un poco arbitrarios, y dependen del enfoque del interés o estudio. Por lo tanto, un ecosistema puede variar desde unas escalas espaciales muy pequeñas hasta, en último término, todo el planeta.

## EFFECTO INVERNADERO

---

Efecto por el cual la radiación emitida por la superficie de la Tierra (y por cualquier punto de la atmósfera) es absorbida por los gases de efecto invernadero, las nubes y, en menor medida, los aerosoles. Como consecuencia, la cantidad neta de energía emitida al espacio es generalmente menor de la que se habría emitido en ausencia de esos absorbedores. La modificación de la concentración de los gases de efecto invernadero debida a emisiones antropogénicas contribuye a reducir la energía emitida al espacio, incrementando la temperatura global del planeta, especialmente en la superficie terrestre y las capas de la atmósfera que están en contacto con la misma.

## EMISIONES ANTROPOGÉNICAS

---

Emisiones de gases de efecto invernadero, de precursores de gases de efecto invernadero, y aerosoles asociados con actividades humanas. Entre estas actividades se incluyen la combustión de combustibles fósiles para producción de energía, la deforestación y los cambios en el uso de las tierras que tienen como resultado un incremento neto de emisiones.

## ENFOQUE ECOSISTÉMICO

---

Estrategia para la gestión integrada del suelo, los recursos hídricos y los seres vivos que promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo. El enfoque ecosistémico se basa en la aplicación de metodologías científicas centradas en los niveles de la organización biológica que abarcan la estructura esencial, procesos, funciones e interacciones de los organismos y su medio ambiente. Reconoce que los seres humanos, con su diversidad cultural, son un componente integral de muchos ecosistemas. Este enfoque exige una gestión adaptativa para tratar con la naturaleza compleja y dinámica de los ecosistemas y la incertidumbre en cuanto a la completa comprensión de su funcionamiento. Los objetivos prioritarios son la conservación de la biodiversidad y de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, con el fin de mantener los servicios que éstos proveen.

## ESCENARIO (GENÉRICO)

---

Descripción plausible y a menudo simplificada de la evolución el futuro, basada en un conjunto coherente e internamente consistente de hipótesis sobre fuerzas impulsoras fundamentales (por ejemplo, ritmo del avance de la tecnología y precios) y las relaciones entre dichos factores. Los escenarios no son predicciones ni pronósticos y, a veces, pueden estar basados en un 'guion narrativo'. Los escenarios pueden derivar de proyecciones, pero a menudo están basados en información adicional de otras fuentes.

## ESCENARIO CLIMÁTICO

---

Representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. Las proyecciones climáticas sirven a menudo como materia prima para la construcción de escenarios climáticos, pero los escenarios climáticos requieren información adicional, por ejemplo, acerca del clima observado en un momento determinado. Un 'escenario de cambio climático' es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.

## ESCENARIO DE EMISIONES

---

Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que son, en potencia, radiativamente activas (por ejemplo, gases de efecto invernadero o aerosoles), basada en un conjunto de hipótesis coherentes e internamente consistentes sobre las fuerzas impulsoras de este fenómeno (tales como el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecnológico) y sus relaciones clave. Los escenarios de concentraciones, derivados a partir de los escenarios de emisiones, se utilizan como insumos en una simulación climática para calcular proyecciones climáticas. En IPCC (1992), se utilizaron un conjunto de escenarios de emisiones como base para las proyecciones climáticas en IPCC (1996). Estos escenarios de emisiones se refieren a los escenarios IS92. En el Informe Especial del IPCC “Escenarios de Emisiones” (150), se publicaron nuevos escenarios de emisiones conocidos como “Escenarios del IEEE”.

## ESCENARIO SOCIOECONÓMICO

---

Descripción de un posible futuro en términos de población, producto interno bruto y otros factores socioeconómicos relevantes para comprender las implicaciones del cambio climático.

## ESTÍMULOS (EN RELACIÓN CON EL CLIMA)

---

Todos los elementos del cambio climático, incluidas las características medias del clima, variabilidad climática, y la frecuencia y magnitud de los extremos.

## EVALUACIÓN DE LA ADAPTACIÓN

---

Práctica para la identificación de opciones que permitan la adaptación al cambio climático y la evaluación de dichas opciones en términos de criterios como disponibilidad, ventajas, costos, eficiencia y viabilidad.

## EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS (CLIMÁTICOS)

---

La práctica de identificar y evaluar, en términos monetarios y / o no monetarios, los efectos del cambio climático en los sistemas naturales y humanos.

## EVALUACIÓN DE RIESGOS

---

La estimación científica cualitativa y/o cuantitativa de los riesgos.

## EVALUACIÓN INTEGRADA

---

Método de análisis que integra en un marco coherente los resultados y las simulaciones de las ciencias físicas, biológicas, económicas y sociales, y las interacciones entre estos componentes, a fin de proyectar las consecuencias del cambio ambiental y las respuestas de política a dicho cambio.

## EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

---

Estudios que, a través del análisis de registros históricos y evolución actual de determinadas variables climáticas o geofísicas, ponen de manifiesto su evolución anómala asociada a los efectos del cambio climático y por tanto constatándolo.

## EXPOSICIÓN

---

La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones ambientales, servicios y recursos, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

En esta guía, este término hará referencia a los elementos específicos del proyecto de infraestructura y a los elementos asociados que, por su ubicación, características y relaciones, podrían verse afectados de manera adversa (o favorablemente) por el cambio climático.

## FENÓMENO METEOROLÓGICO EXTREMO

---

Fenómeno raro dentro de su distribución estadística de referencia en un lugar determinado. Las definiciones sobre lo que se considera 'raro' pueden variar, pero un fenómeno meteorológico extremo puede ser normalmente tan raro o más raro que el percentil 10º o 90º. Por definición, las características de una meteorología extrema varían según los lugares. Un fenómeno climático extremo es una media de una serie de fenómenos meteorológicos en un período concreto, media que de por sí es extrema (por ejemplo, la precipitación durante una estación).

## FORZAMIENTO RADIATIVO

---

El forzamiento radiativo o forzamiento climático es la diferencia entre la insolación (luz recibida desde el sol) absorbida por el planeta Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio. Los cambios en el sistema climático de la Tierra alteran el equilibrio radiativo de la Tierra, forzando a las temperaturas a subir o bajar, y originando "forzamientos climáticos".

Un forzamiento radiativo positivo significa que la Tierra recibe más energía del sol de la que irradia al espacio. Esta ganancia neta de energía causará un calentamiento global del planeta. Por el contrario, el forzamiento radiativo negativo significa que la Tierra emite más energía al espacio de la que recibe del sol, lo que se traduciría en un enfriamiento en términos globales.

Esta variación se expresa en  $W/m^2$ , indicando la diferencia del flujo radiativo (energía descendente menos ascendente) en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera asociada a un causante externo del cambio climático. Por ejemplo, un incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, etc.) hasta situarse cerca de las 1000 ppm supondría que la energía que entra en el sistema climático es  $8,5 W/m^2$  superior a la que sale del mismo, originando un importante calentamiento global y una alteración drástica del sistema climático. Este es el motivo por el que a los escenarios de altas emisiones se les denomina como "RCP 8.5". Escenarios en los que se asume una estabilización de las emisiones son denominados como "RCP6.5" o "RCP4.5", y aquellos en los que se logra reducir las emisiones a mediados del siglo XXI y, por tanto, reducir sensiblemente el forzamiento radiativo asociado a la presencia de GEI en la atmósfera, son conocidos como "RCP 2.6".

## GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), y ozono (O<sub>3</sub>) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además, existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, y CH<sub>4</sub>, el Protocolo de Kioto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC).

## GESTIÓN ADAPTATIVA O DE RIESGOS CLIMÁTICOS

Proceso iterativo de planificación, ejecución y modificación de las estrategias para la gestión de los recursos en un contexto de incertidumbre y cambio. La gestión adaptativa implica ajustar los enfoques en respuesta a la observación de sus efectos y los cambios provocados en el sistema por los efectos de retroalimentación resultantes y otras variables (151). La gestión de riesgos implica Planes, acciones o políticas para reducir la probabilidad y/o las consecuencias de los riesgos asociados al clima o para responder a las consecuencias.

Dentro de la gestión de riesgos, merece la pena mencionar explícitamente la gestión del riesgo de desastres (conocido como DRM). Esta implica procesos para el diseño, implementación y evaluación de estrategias, políticas y medidas para mejorar la comprensión de los riesgos de desastre, promover la reducción y la transferencia del riesgo de desastres, así como promover la mejora continua en la preparación de la respuesta y prácticas de recuperación frente desastres, con el propósito explícito de aumentar la seguridad, el bienestar, la calidad de vida y el desarrollo sostenible.

## HOTSPOT

Un área geográfica caracterizada por alta vulnerabilidad y exposición al cambio climático (151). En el caso de esta guía, se consideran también como "Hotspot" los elementos específicos del proyecto de infraestructura estudiado y los elementos asociados que podrían verse afectados de manera significativamente adversa por el cambio climático.

## IMPACTOS (CLIMÁTICOS)

Efectos del cambio climático en sistemas humanos y naturales. Los impactos generalmente se refieren a los efectos en vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructura debido a la interacción de los cambios climáticos o eventos climáticos peligrosos que ocurren dentro de un período de tiempo específico y la vulnerabilidad de una sociedad o sistema expuesto.

Los impactos también se conocen como las consecuencias y/o los resultados. Los impactos del cambio climático en los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y el aumento del nivel del mar, son un subconjunto de impactos llamados impactos físicos.

Según la medida de la adaptación, se pueden distinguir impactos potenciales e impactos residuales.

- Impactos potenciales: Todos los impactos que pueden suceder dado un cambio proyectado en el clima, sin tener en cuenta las medidas de adaptación.
- Impactos residuales: Los impactos del cambio climático que pueden ocurrir después de la adaptación.

## IMPACTOS AGREGADOS

---

Los impactos totales acumulados en sectores y/o regiones. La suma de los impactos precisa un conocimiento (o hipótesis) sobre la importancia relativa de los impactos en diferentes sectores y regiones. Las medidas de los impactos agregados incluyen, por ejemplo, el número total de personas afectadas, el cambio de productividad primaria neta, el número de sistemas que cambian o los costos económicos totales.

## INCERTIDUMBRE

---

Un estado de conocimiento incompleto que puede resultar de la falta de información o de un desacuerdo sobre lo que se sabe o incluso se puede conocer. Puede tener muchos tipos de fuentes, desde la imprecisión en los datos hasta conceptos o terminología definidos ambiguamente, o proyecciones inciertas del comportamiento humano. Por lo tanto, la incertidumbre puede representarse mediante medidas cuantitativas (por ejemplo, una función de densidad de probabilidad) o mediante declaraciones cualitativas (por ejemplo, reflejando el juicio de un equipo de expertos).

## INDICADOR

---

Variable cuantitativa, cualitativa o binaria que se puede medir o describir, en respuesta a un criterio definido (143).

## INUNDACIÓN

---

Desbordamiento de los límites normales de una corriente u otro cuerpo de agua, o acumulación de agua en zonas normalmente no sumergidas. El término hace referencia a inundaciones fluviales, inundaciones repentinas, inundaciones urbanas, inundaciones pluviales, inundaciones de aguas residuales, inundaciones costeras e inundaciones por deshielo.

## ISLA DE CALOR URBANA

---

Zona dentro de un área urbana caracterizada por una temperatura ambiente más alta que las zonas colindantes debido a una absorción de la energía solar por materiales como el asfalto.

## MALA ADAPTACIÓN (MALADAPTACIÓN)

---

Cualquier cambio en sistemas humanos o naturales que aumentan de forma inadvertida la vulnerabilidad a estímulos climáticos; adaptación que no consigue reducir la vulnerabilidad, sino que la aumenta.

## MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

---

Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero.

## MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE

---

La disminución de los posibles impactos adversos de los riesgos físicos (incluidos los que son inducidos por el hombre) a través de acciones que reducen el riesgo, la exposición y la vulnerabilidad.

**MODELO DE CIRCULACIÓN  
GLOBAL (GCM- POR SUS  
SIGLAS EN INGLÉS:  
GLOBAL CIRCULATION MODEL)**

---

Véase Modelo Climático.

**MODELO DE CIRCULACIÓN  
REGIONAL (RCM- POR  
SUS SIGLAS EN INGLÉS:  
REGIONAL CIRCULATION MODEL)**

---

Véase Modelo Climático.

**MODELO CLIMÁTICO**

---

Una representación numérica del sistema climático basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, sus interacciones y procesos de retroalimentación, y que da cuenta de algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático puede ser representado por modelos de complejidad variable; es decir, para cualquier componente o combinación de componentes, se puede identificar un espectro o jerarquía de modelos, que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que los procesos físicos, químicos o biológicos están explícitamente representados, o el nivel en el que están involucradas las parametrizaciones empíricas. Los Modelos de Circulación General Atmósfera-Océano Acoplados (abreviados como AOGCM o, generalmente, como GCM) proporcionan una representación del sistema climático que está cerca o en el extremo más completo del espectro actualmente disponible. Existe una evolución hacia modelos más complejos con química y biología interactiva. Los modelos climáticos se aplican como una herramienta de investigación para estudiar y simular el clima, y para fines operacionales, que incluyen predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales. Los modelos de circulación regionales o RCM analizan exclusivamente una porción del planeta.

**MODELO DE IMPACTO**

---

Es todo aquel modelo que permite transformar una sollicitación o dinámica (velocidad del viento, cantidad de precipitación, caudal circulante por un río) en otra variable que puede utilizarse para medir el efecto que dicha sollicitación tiene sobre los elementos expuestos. Un ejemplo de modelo de impacto sería, por ejemplo, un modelo hidráulico que transformase la información hidrológica de caudal, en cota de la lámina de agua, que serviría para caracterizar la inundación.

**OLA DE CALOR**

---

Periodo de tiempo anormalmente e incómodamente caliente.

**ORGANIZACIÓN**

---

Persona o grupo de personas que tiene sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos.

El concepto de organización incluye, pero no se limita, a un operador individual, empresa, corporación, empresa, autoridad, sociedad, institución benéfica o institución, o parte o combinación de los mismos, ya sea incorporada o no, pública o privada (143).

**OSCILACIÓN TÉRMICA**

---

Diferencia entre los valores máximos y mínimos de temperatura observado en una ubicación dada durante un período de tiempo determinado (p. ej.: a lo largo de un día, un mes, un año...).

## PARTE INTERESADA

---

Persona u organización que puede afectar, verse afectada o percibirse a sí misma como afectada por una decisión o actividad (clientes, comunidades, proveedores, reguladores, organizaciones no gubernamentales, inversores y empleados.) (143).

Nota: “percibirse a sí mismo afectado” significa que la percepción ha sido dada a conocer a la organización (véase *Organización*).

## PENSAMIENTO SISTÉMICO

---

El pensamiento sistémico trata de comprender el sistema complejo, no lineal e interconectado en el que opera una organización. Muchas grandes organizaciones son sistemas complejos y adaptativos en sí mismos, lo que significa que los elementos que componen las partes de una organización (por ejemplo, respuesta de emergencia, grupo de transporte, cadena de suministro, finanzas, equipos de adquisición) tienen un conjunto complejo de interacciones que son dinámicas y también no siempre interactúan de la misma manera o de manera consistente (143). (véase *Organización*).

## PERCEPCIÓN DEL RIESGO

---

El juicio subjetivo que las personas hacen sobre las características y la gravedad de un riesgo.

## PERIODO DE RETORNO

---

Es una representación usada comúnmente para presentar un estimativo de la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado en un periodo determinado (152). Por ejemplo, en ingeniería hidráulica se utiliza para mostrar la probabilidad de que se presente una avenida con determinado caudal o superior en un año cualquiera. El período de retorno de un evento es la cantidad de tiempo para la cual la probabilidad de ocurrencia se distribuye uniformemente en los periodos que componen dicha cantidad de tiempo; así pues, un período de retorno de 50 años corresponde a una probabilidad de excedencia de  $1/50 = 0,02$  o 2% para un año cualquiera (la probabilidad de excedencia para cada año será del 2%). Alternativamente, puede entenderse el periodo de retorno como el lapso promedio que separa dos eventos de determinada magnitud.

## PREDICCIÓN CLIMÁTICA

---

Resultado de un intento de producir la descripción o la mejor estimación de la evolución real del clima en el futuro (a escalas temporales estacionales, interanuales o a largo plazo).

## PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

---

Probabilidad de que un resultado específico ocurra, pudiendo ser estimado probabilísticamente.

## PROYECCIÓN (GENÉRICA)

---

Estimación de la evolución potencial futura de una cantidad o conjunto de cantidades, a menudo calculadas con la ayuda de una simulación, siendo de aplicación en muy diversos ámbitos (proyección económica, social, de usos del suelo, climática,...). La proyección se diferencia de una ‘predicción’ para enfatizar que la proyección se basa en hipótesis sobre, por ejemplo, avances tecnológicos y socioeconómicos futuros, que se pueden o no realizar, y está sujeta a una gran incertidumbre.

## PROYECCIÓN CLIMÁTICA

---

Proyección de la respuesta del sistema climático a escenarios de emisiones o concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles, o escenarios de forzamiento radiativo, basándose a menudo en simulaciones climáticas. Las proyecciones climáticas se diferencian de las predicciones climáticas para enfatizar que las primeras dependen del escenario de forzamientos radioactivo/emisiones/ concentraciones/radiaciones utilizado, que se basa en hipótesis sobre, por ejemplo, diferentes pautas de desarrollo socioeconómico y tecnológico que se pueden realizar o no y, por lo tanto, están sujetas a una gran incertidumbre.

## PROYECTO

---

La presente guía tiene el objetivo de facilitar la evaluación del riesgo climático de diferentes iniciativas, planes, inversiones, actuaciones potenciales, etc. tanto en infraestructura de nueva concepción como ya ejecutada. Se empleará el término “proyecto” para hacer referencia a las actuaciones que son objeto de estudio independientemente de su estado de avance y concreción. Por tanto, el término proyecto puede hacer referencia a un estudio de viabilidad para construir una nueva carretera, el diseño detallado de la misma o una memoria de las actuaciones presupuestadas para ampliar una carretera ya existente.

El análisis del riesgo climático de un determinado proyecto puede precisar de la definición de un sistema más amplio que incluya todos aquellos aspectos con los que el proyecto se relaciona y que es preciso analizar para evaluar sus riesgos climáticos.

## PUNTO DE INFLEXIÓN

---

Punto/nivel de cambio en las propiedades del sistema más allá del cual un sistema se reorganiza, a menudo abruptamente, y no regresa al estado inicial, incluso si los impulsores del cambio se reducen.

## RESILIENCIA

---

Capacidad de un sistema socio-ecológico para hacer frente a un evento o perturbación peligroso, responder o reorganizarse de manera que se mantenga su función esencial, su identidad y estructura, al tiempo que se mantiene la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (153).

## RIESGO

---

De acuerdo con la terminología del IPCC, se puede definir como la potencial consecuencia cuando algo de valor está en juego y cuando la ocurrencia y el resultado son inciertos(151). Es, por tanto, el efecto de la incertidumbre. Existen múltiples definiciones de este concepto. En la gestión tradicional de riesgos, el riesgo se concibe generalmente como la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos o tendencias en un periodo de tiempo específico multiplicada por las consecuencias que tendrían la ocurrencia de estos eventos o tendencias (2). En cambio, en la comunidad de adaptación al cambio climático, generalmente el riesgo es analizado considerando la interacción entre la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza (1). En esta guía, el término riesgo se usa principalmente para referirse a los riesgos de los impactos del cambio climático.

## REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (DRR - POR SUS SIGLAS EN INGLÉS: DISASTER RISK REDUCTION)

---

Indica tanto un el objetivo como las medidas estratégicas e instrumentales empleadas para anticipar futuros riesgos de desastres; reducir la exposición, el riesgo o la vulnerabilidad existentes; y mejorar la resiliencia.

## RUTAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS (RCP – REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAYS)

---

Escenarios que incluyen series temporales de emisiones y concentraciones del conjunto completo de gases de efecto invernadero y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso de la tierra / cobertura del suelo (154). La palabra representativa significa que cada RCP proporciona solo uno de los muchos escenarios posibles que conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo. El término “ruta” enfatiza que no solo son interesantes los niveles de concentración a largo plazo, sino también la trayectoria que se toma con el tiempo para alcanzar ese resultado (155). Los RCPs generalmente se refieren a la parte de la ruta de concentración que se extiende hasta 2100, para la cual los Modelos de Evaluación Integrada (*Integrated Assessment Models*) produjeron los escenarios de emisión correspondientes.

Se seleccionan cuatro RCPs producidos de los modelos de evaluación integrados:

- RCP2.6: Una vía donde el forzamiento radiativo alcanza su máximo nivel a aproximadamente  $3 \text{ Wm}^{-2}$  antes de 2100 y luego declina (el ECP correspondiente asumiendo emisiones constantes después de 2100).
- RCP4.5 y RCP6.0: Dos vías intermedias de estabilización en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza en aproximadamente  $4.5 \text{ Wm}^{-2}$  y  $6.0 \text{ Wm}^{-2}$  después de 2100.
- RCP8.5: Una vía alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza más de  $8.5 \text{ W m}^{-2}$  para 2100 y continúa aumentando durante cierto tiempo (el ECP correspondiente supone emisiones constantes después de 2100 y concentraciones constantes después de 2250).

## SENSIBILIDAD

---

Susceptibilidad de un sistema, elemento o especie a verse afectado, de forma adversa o beneficiosa, por la variabilidad o el cambio climático. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en el rendimiento del cultivo en respuesta a un cambio en la media, rango o variabilidad de la temperatura) o indirecto (por ejemplo, daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debido al aumento del nivel del mar).

En esta guía definimos más concretamente la sensibilidad como la susceptibilidad al daño (o beneficio) de los elementos expuestos de un proyecto de infraestructura (o el sistema en el que se integra el mismo) por la variabilidad climática o cambio del clima.

## SEQUÍA

---

Fenómeno que se produce cuando la precipitación ha estado muy por debajo de los niveles normalmente registrados, causando unos serios desequilibrios hidrológicos que afectan de manera adversa a los sistemas terrestres de producción de recursos. La sequía es un término relativo; por lo tanto, cualquier discusión en términos de déficit de precipitación debe referirse a la actividad particular relacionada con la precipitación que se está discutiendo. Por ejemplo, la escasez de precipitación durante el período de crecimiento afecta la producción de cultivos o la función del ecosistema en general (debido a la sequía de humedad del suelo, también denominada sequía agrícola), y durante la temporada de escorrentía y percolación afecta principalmente al suministro de agua (sequía hidrológica). Los cambios de almacenamiento en la humedad del suelo y las aguas subterráneas también se ven afectados por los aumentos en la evapotranspiración real, además de las reducciones en la precipitación. Un período con un déficit de precipitación anormal se define como una sequía meteorológica.

## SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS (O ECOSISTÉMICOS)

---

Procesos o funciones ecológicas que tiene valor monetario o no monetario para las personas o la sociedad en general. Se clasifican a menudo como (i) servicios de apoyo, tales como la productividad o el mantenimiento de la biodiversidad, (ii) servicios de aprovisionamiento, tales como alimentos, fibras, o pescado, (iii) servicios de regulación, tales como la regulación del clima o el secuestro de carbono, y (iv) servicios culturales, como el turismo o el reconocimiento espiritual y estético.

## SISTEMA

---

El pensamiento sistémico sugiere que, al abordar el análisis del riesgo climático de un proyecto o infraestructura, los subsistemas relacionados (que pueden ser otros proyectos, infraestructuras, actividades o servicios) también deben considerarse si se encuentran interconectados y son interdependientes. De este modo, cuando se evalúa un proyecto que opera dentro de un conjunto dinámico de instalaciones, subsistemas y actividades más amplio y entre ellas hay múltiples interacciones directas e indirectas es interesante definir a dicho conjunto como un “sistema”, y hacer del mismo el objetivo del análisis de riesgo climático. Para definir y caracterizar un sistema es necesario conocer tanto la operativa global del mismo como la de cada uno de sus elementos integrantes, y obtener una visión de las interconexiones e interdependencias de los elementos que conforman el sistema. Su definición y análisis puede ayudar al equipo que aborda el análisis de riesgos climáticos a determinar, priorizar y enfocar las tareas de análisis. Igualmente, contribuye a la identificación de opciones de adaptación desde una perspectiva abierta.

## SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

---

De acuerdo con la terminología del IPCC, este término incluye el conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta oportuna y significativa para permitir que los individuos, las comunidades y las organizaciones amenazadas por un peligro puedan prepararse para actuar con prontitud y de manera adecuada y reducir así la posibilidad de daño o pérdida.

## SOSTENIBILIDAD

---

Un proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales y humanos de manera equitativa.

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA

---

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos del clima (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (156).

## VULNERABILIDAD

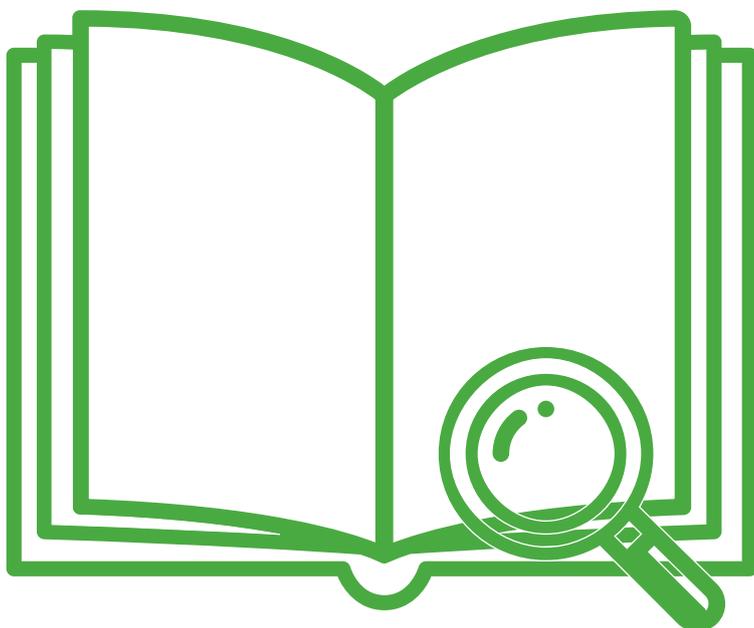
---

Nivel en el que un sistema es susceptible de verse afectado por los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función de su sensibilidad y su capacidad de adaptación (véase *Análisis de Vulnerabilidad*).

En esta guía el concepto de vulnerabilidad se define como la propensión del proyecto de infraestructura a verse afectados de manera adversa. Y para cuantificarla es necesario considerar tanto la sensibilidad a la amenaza como la capacidad para hacerle frente.

## 2 > Estado del arte de las metodologías

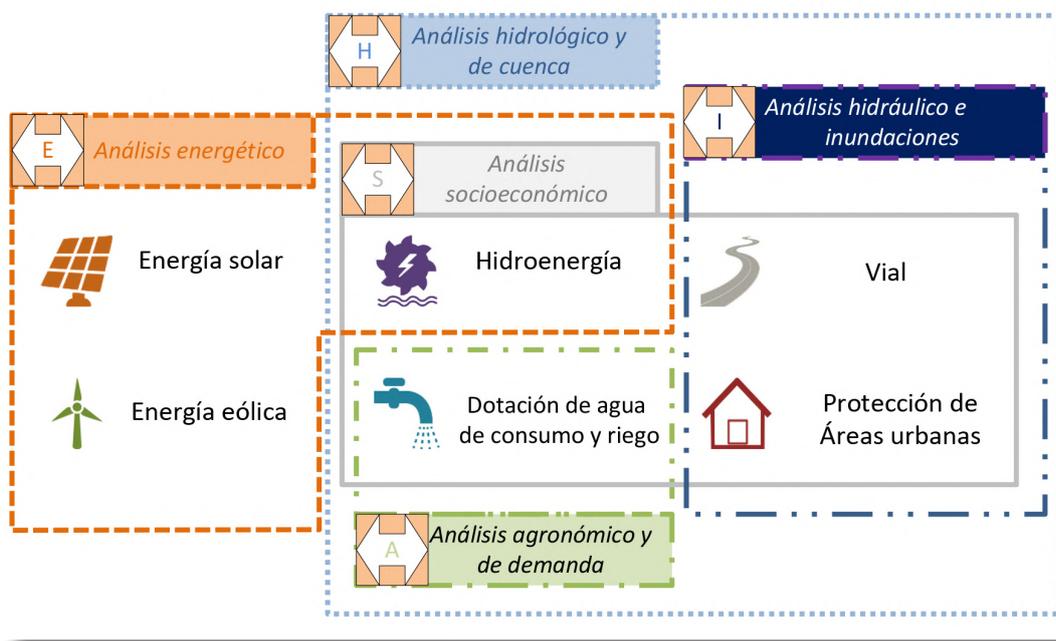
2.1 General	25
2.1.1 Referencias consultadas	26
2.1.2 Referencias más relevantes	44
2.2 Por disciplinas transversales	62
2.2.1 Energía	62
2.2.2 Hidrología	67
2.2.3 Inundaciones	70
2.2.4 Socioeconómico	72
2.2.5 Ecológico	75
2.3 Por sectores	76
2.3.1 Energía solar	76
2.3.2 Energía eólica	81
2.3.3 Hidroenergía	87
2.3.4 Dotación de agua	94
2.3.5 Vial	98
2.3.6 Áreas urbanas	101



El estado del arte que se presenta a continuación tiene por objetivo presentar una recopilación de las principales metodologías detectadas para el análisis de riesgo climático que puedan ser aplicables a proyectos de infraestructura.

Se trata de una recopilación basada en bibliografía en la que se consideran, tanto metodologías generales (apartado 2.1), como aquellas orientadas específicamente a proyectos de infraestructura. En este sentido, cabe resaltar que la metodología que se presenta en el Tomo 1. de esta guía tiene un componente marcadamente sectorial, por lo que parte de la misma es aplicable exclusivamente a ciertos sectores. Se analizan, en este caso, los sectores de la energía solar, eólica, hidroenergía, dotación de agua, vial y áreas urbanas (ver apartado 2.3).

De igual forma, existen algunos aspectos metodológicos de carácter transversal, que aplican a varios de los sectores anteriores. Para evitar una extensión excesiva de la guía, dichos aspectos han sido abordados de manera unitaria e integral, agrupando los sectores en cinco disciplinas transversales: aspectos socioeconómicos, análisis hidrológico, de inundaciones, agronómico y energético. En la imagen siguiente se sintetizan estos aspectos y cómo se encuentran relacionados con los diferentes sectores estudiados.



**Figura 1:** Aspectos metodológicos transversales y sectores en los que son más aplicables  
**Fuente:** Elaboración propia.

Las referencias específicas para estos aspectos de carácter transversal aparecen descritas en el apartado 2.2.

## 2.1 General

El análisis de los riesgos climáticos es sumamente específico del proyecto o actividad concreta al que se aplique, el ámbito geográfico en el que se esté trabajando, el horizonte temporal analizado y multitud de factores adicionales. Es por ello por lo que, a lo largo de los años, se han desarrollado diferentes metodologías y técnicas para abordarlo. Dentro de las muchas clasificaciones posibles cabría destacar la gran diferencia existente entre los métodos cuantitativos y cualitativos que tienen aplicación a diferentes ámbitos de análisis.

A nivel de ciudades o territorios amplios, el análisis de los riesgos climáticos se ha desarrollado profusamente en base a técnicas cualitativas basadas en indicadores. Se trata de técnicas de elevada utilidad para abordar la comparación entre diferentes ciudades, ámbitos, sectores, etc. y se han empleado ampliamente en la definición de prioridades, políticas, etc.

Sin embargo, a la hora de abordar el análisis del riesgo climático de un proyecto o iniciativa concreta, estas técnicas cualitativas pierden interés frente a las técnicas cuantitativas, consideradas más útiles para la toma de decisiones (por ejemplo, modificando los patrones de diseño de la infraestructura) y la planificación la adaptación climática (definiendo, por ejemplo, un calendario tentativo de medidas). El ciclo de gestión de la infraestructura incluye multitud de actividades de ingeniería, modelación, simulación, análisis económico, etc. con múltiples particularidades y metodologías específicas. El análisis de cada una de ellas podría requerir de una guía monográfica específica, siendo imposible abordarlo con este nivel de detalle en el marco del presente proyecto.

Por ello, esta sección pretende exponer las metodologías generales que se consideran más interesantes para facilitar el análisis climático y establecer medidas de adaptación específicamente enfocadas a infraestructura.

Dado que existen multitud de métodos, herramientas, manuales y directrices y no todos se consideran realmente imprescindibles para el objetivo que se persigue con esta guía, se ha dividido esta sección en dos partes:

- Apartado 2.1.1, donde se presenta un listado con las principales metodologías y guías que se han consultado.
- Apartado 2.1.2, donde se desgrana mediante fichas técnicas explicativas aquellos métodos y/o herramientas que se consideran más relevantes en el ámbito que esta Guía.



## 2.1.1 Referencias consultadas

A continuación, se resume la bibliografía de referencia en relación con metodologías generales para el análisis de riesgo climático consultadas.



### ECA (Economics of Climate Adaptation) (157)

Plataforma para la toma de decisiones, identificando las medidas de adaptación rentables. Tanto los funcionarios nacionales como los locales pueden usarlo para cuantificar el riesgo que el cambio climático representa para sus economías y para minimizar el costo de adaptarse a ese riesgo.

Para una aseguradora el cambio climático es un riesgo clave. El aumento de la frecuencia y severidad de las catástrofes naturales, la concentración de los activos en áreas expuestas y las protecciones más generalizadas de los seguros puede causar un aumento en las pérdidas.

La estrategia se centra en cuatro pilares:

- Avanzar en la comprensión de los riesgos del cambio climático, cuantificarlos e integrarlos en la gestión de riesgos.
- Desarrollo de productos para mitigar o adaptarse al cambio climático.
- Aumentar la conciencia sobre los riesgos del cambio climático en clientes, etc.
- Abordar la huella de carbono propia.

En esta calificación se incluye una evaluación de la pérdida anual económica esperada para la ubicación a partir de los patrones climáticos existentes, una proyección de la medida en que el crecimiento económico futuro pondrá en riesgo una mayor pérdida, y, finalmente, una evaluación de la pérdida incremental que podría ocurrir durante un período de veinte años en los diferentes escenarios de cambio climático.

El marco utiliza la disciplina de costo-beneficio para evaluar una selección de medidas factibles y aplicables para adaptarse al riesgo esperado, que abarca soluciones infraestructurales, tecnológicas, de comportamiento y financieras.

Presenta, además, estudios de caso en más de 20 regiones diferentes en todo el mundo, que van desde Maharashtra en India hasta Florida y el norte de Inglaterra.

Ver más detalle en el apartado 2.1.2.

**Autor:** Swiss Re

**Fecha:** 10 noviembre 2015



## CLIMADA- The open-source Economics of Climate Adaptation (ECA) tool (128)

Climada es una plataforma que permite estimar el daño económico esperado y proporciona herramientas para comprender el impacto del clima en la economía y minimizar el impacto mediante acciones. Por lo tanto, permite a los tomadores de decisiones integrar la adaptación con el desarrollo económico y el crecimiento sostenible.

La metodología implementada en Climada proporciona una base de datos que ayuda a los responsables en la toma de decisiones a comprender el impacto del clima en sus economías e identificar acciones para minimizar ese impacto.

Usando modelos probabilísticos de última generación, se estima el daño económico esperado como una medida de riesgo hoy en día, el aumento incremental del crecimiento económico y el incremento adicional debido al cambio climático. Luego se construye una cartera de medidas de adaptación, evaluando el daño Potencial de aversión y la relación costo-beneficio para cada medida.

El módulo principal proporciona al usuario la funcionalidad clave para realizar una evaluación económica de la adaptación al clima. Con los módulos adicionales se implementa a la cobertura global (generación automática de activos) una serie de peligros (ciclones tropicales, oleadas, lluvias, tormentas de invierno en Europa, ... e incluso terremotos y meteoritos) y otras funciones.

Las medidas permiten gestionar proactivamente el riesgo climático total.

Se ejecuta en MATLAB (versión 72 y superior) y GNU Octave (versión 3.8.0 y superior, consulte <https://www.gnu.org/software/octave>).

Ver más detalle en el apartado 2.1.2.

**Fecha:** 2015



## The Vulnerability Sourcebook. Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments (144)

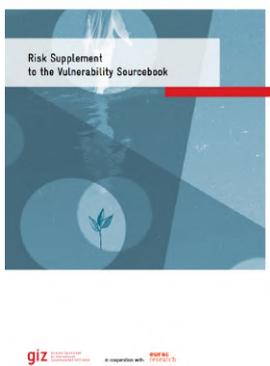
Manual que proporciona consejos y ofrece ejemplos de las mejores prácticas para analizar la vulnerabilidad.

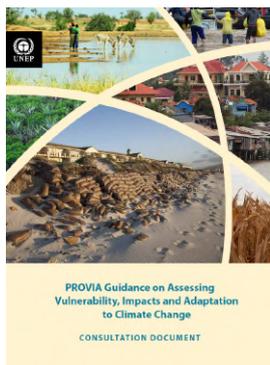
El objetivo que la distingue de otras guías de este tipo es que busca proporcionar un enfoque estandarizado para las evaluaciones de vulnerabilidad cubriendo una amplia gama de sectores y temas (por ejemplo, sector de agua, agricultura, pesca, diferentes ecosistemas), así como diferentes niveles espaciales (comunidad, subnacional, nacional) y horizontes temporales (por ejemplo, vulnerabilidad actual o a medio y largo plazo).

Existe actualmente un documento publicado en 2017 que complementa este manual titulado “*Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook’s approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk*”. No es una publicación independiente, sino que está pensada para leerse juntos, ya que proporciona orientación sobre cómo aplicar el enfoque dado por el “*Vulnerability Sourcebook*” con el nuevo concepto de riesgo climático del IPCC AR5.

**Autor:** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Fecha:** 2014





### PROVIA Guidance on Assessing Vulnerability, Impacts and Adaptation to Climate Change (158)

La Guía PROVIA surge de la investigación realizada dentro del proyecto MEDIATION (*Methodology for Effective Decisionmaking on Impacts and Adaptation*) (7º Programa Marco de la Comisión Europea) en el que se elaboraron la base conceptual, árboles de decisión, métodos y herramientas.

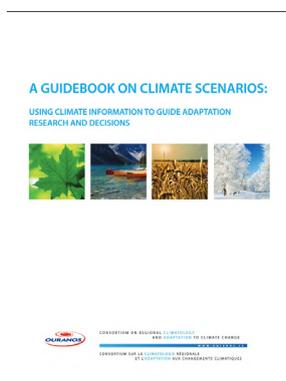
Este documento proporciona orientación metodológica para evaluar la vulnerabilidad, los impactos y la adaptación al cambio climático, así como para implementar, monitorear y evaluar la adaptación. A diferencia de otros documentos y herramientas publicados anteriormente, que se centran en enfoques específicos, esta guía pone el énfasis en la gran variedad de enfoques y métodos necesarios para adaptarse o hacer frente a los efectos del cambio climático.

Así, la guía trata de identificar los principales enfoques y métodos para abordar diferentes tipos de desafíos de adaptación y presenta criterios y árboles de decisión para ayudar al lector en la selección de métodos (no en la decisión de adaptación en sí misma). Una vez identificados los métodos apropiados, orienta en cómo aplicarlos.

La Guía ha sido preparada por un equipo de diez miembros, respaldado por un gran grupo de expertos y revisores.

**Autor:** Hinkel et al. para UNEP

**Fecha:** 2013



### A guidebook on climate scenarios. Using climate information to guide adaptation research and decisions. (35)

Herramienta de referencia para profesionales de la adaptación al cambio climático y para la comunicación con responsables de cara a la toma de decisiones. Pensada para orientar en el manejo de información climática y su inclusión en la toma de decisiones.

Su objetivo es aumentar la capacidad de los profesionales de la adaptación para comprender mejor la información climática y evaluar sus necesidades de información climática, haciéndoles más críticos con la información que se les proporciona.

Proporciona mensajes clave para la interpretación y uso de la información climática.

Proporciona descripciones de conceptos clave de la modelización climática.

Describe un marco para caracterizar la información climática en términos de finalidad y complejidad (básica, intermedia y detallada) basado en un enfoque de “árbol de decisiones” que guíe a los usuarios en la formulación de sus necesidades de información.

Describe diferentes formas en que la información climática puede ser proporcionada a diferentes usuarios en función de su nivel de experiencia y preferencias.

Analiza las mejores prácticas en el uso de información climática futura, teniendo en cuenta la incertidumbre que llevan asociada.

Destaca algunos casos de estudio relevantes ejemplificando cómo la información climática puede orientar las decisiones sobre la adaptación al cambio climático.

**Autor:** Charron, I.

**Fecha:** 2014



## CAPRA (159)

Se trata de una plataforma de software abierto que aplica técnicas probabilistas al análisis de las amenazas y pérdidas causadas por desastres naturales para la evaluación de riesgos. Cuenta con diferentes módulos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

La información sobre amenazas se combina con la referente a la exposición y vulnerabilidad física, que le permite al usuario determinar el riesgo conjunto o en cadena en función de múltiples riesgos relacionados entre sí. La plataforma dispone de un conjunto de herramientas de modelado de amenazas y análisis de vulnerabilidad y riesgo.

Se pretende desarrollar una metodología común, abierta y modular para evaluar y cuantificar el riesgo de desastres desde múltiples peligros.

Fortalecer la capacidad institucional para evaluar, entender y comunicar el riesgo de desastres con el fin último de integrar la información de riesgo de desastre generada en las políticas y programas de desarrollo.

Proporcionar acceso a las herramientas existentes de evaluación de riesgos y riesgos totalmente probabilísticos a instituciones locales.

Desarrollar una metodología flexible en la que cualquier persona (universidades, centros de investigación, etc.) pueda incorporar actualizaciones y mejoras.

Ver más detalle en el apartado 2.1.2.

**Autor:** Universidad de Los Andes (Colombia)

**Fecha:** 2018 (comenzó en enero de 2008)



## PREPDATA (160)

PREPdata es una plataforma online de datos abiertos basada en mapas que permite a los usuarios acceder y visualizar datos espaciales que reflejan el clima pasado y futuro, así como el panorama físico y socioeconómico para la adaptación al clima y la planificación de la resiliencia.

Permite a planificadores urbanos y ejecutivos corporativos decidir sobre sus estrategias e inversiones.

Se trata de una plataforma visual, basada en mapas, fácil de usar y personalizada para diferentes contextos y niveles de habilidad. Su resolución viene determinada por las fuentes de información que emplea:

Proyecciones climáticas NASA-NEX-GDDP (*NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections*) con una resolución de 0,25 grados \* 0,25 grados

Estrés hídrico del proyecto Aqueduct (liderado por WRI).

Subida del nivel del mar

Su desarrollo se basa en las necesidades del usuario, utilizando el conocimiento y la red de los socios y usuarios de la plataforma para permitir la mejora continua.

Conservación activa de conjuntos de datos enfocados a resiliencia climática, agilizando el proceso de acceso a datos relevantes.

Compromiso con la cobertura global, poniendo énfasis en aumentar el acceso a los conjuntos de datos para el Global South, y el soporte para aplicaciones en diferentes escalas y geografías.

Ver más detalle en el apartado 2.1.2.

**Autor:** Partnership for Resilience and Preparedness (PREP)

**Fecha:** 2016



### InaSAFE (161)

InaSAFE es un software gratuito que produce escenarios realistas de impacto de peligros naturales para contribuir a una mejor planificación, preparación y acciones de respuesta. Proporciona una manera simple pero rigurosa de combinar datos provenientes de la comunidad científica, gobiernos locales y comunidades para proporcionar información sobre los posibles impactos de futuros desastres.

Inicialmente, el foco del proyecto fue Indonesia.

Combina una capa de datos de exposición (por ejemplo, la ubicación de edificios) con un escenario de peligro (por ejemplo, la huella de una inundación) y devuelve una capa de impacto espacial junto con un resumen estadístico y preguntas de acción.

Permite dividir los resultados de impacto por límites administrativos y proporcionar un desglose de la información sobre el género y la edad de las personas afectadas (post-procesador).

InaSAFE QGIS plugin: Aplicación diseñada en Indonesia para apoyar la preparación ante desastres y la planificación de contingencias.

Proporciona casos de uso a modo de ejemplo.

InaSAFE realtime: hay también una plataforma web que proporciona conocimiento de la situación para dar respuesta y recuperarse ante desastres.

Ver más detalle en el apartado 2.1.2.

**Autor:** Agus Wibowo et al.

**Fecha:** 2014



### XDI\_SYSTEMS (162)

Herramienta de cariz financiero, tal vez más enfocado al mundo de los seguros y de las finanzas, en relación al análisis de riesgos de ciertas infraestructuras críticas (edificios, carreteras y ferrocarriles, sistemas de abastecimiento y saneamiento de agua, telecomunicaciones). De los dos productos que se ofrecen, el segundo de ellos "XDI CLIMATE ADAPTATION SYSTEM" es el que podría ser más interesante; con él que se pueden analizar medidas de adaptación y definir hojas de rutas desde un punto de vista económico.

Integran datos de ingeniería y diseño sobre activos (un análisis de condiciones bajo las cuales fallarán) y luego datos meteorológicos históricos y futuros para calcular la probabilidad estadística de fallo y daño cada año del próximo siglo.

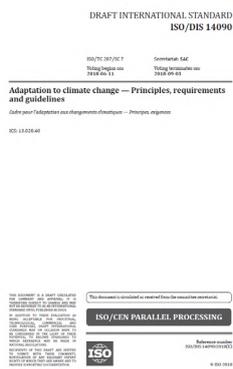
Se basa en métodos actuariales robustos que evalúan los riesgos para cada activo individual (Modelos estadísticos y matemáticos para la evaluación de riesgos en la industria aseguradora y financiera, principalmente).

El XDI Climate Adaptation System opera en la plataforma XDI y generalmente se entrega como "Software as a Service" (SaaS) desde servidores seguros en la nube.

Plantea también una serie de casos de estudio.

Ver más detalle en el apartado 2.1.2.

**Autor:** Rohan Hamden et al.



## ISO/DIS 14090 - “Adaptación al cambio climático - Principios, requisitos y directrices” (143)

Norma ISO internacional actualmente en preparación que describe el marco general de actuación (principios, requisitos y directrices) para la adaptación al cambio climático- aplicable a cualquier organización, independientemente del tamaño, tipo y naturaleza.

Su objetivo principal será proporcionar a las organizaciones un enfoque coherente, y estructurado para entender el impacto del cambio climático para tenerlo en cuenta en la toma de decisiones.

Esta norma presenta el marco general (*framework*) de adaptación al cambio climático, considerando las siguientes fases en la adaptación climática:

- Planificación
- Evaluación los impactos, incluidas las oportunidades
- Planificación de adaptación
- Implementación
- Monitoreo y evaluación
- Comunicación

Además, introduce el principio denominado “*systems thinking*” o “pensamiento sistémico” (5) para explicar que los procesos de adaptación al cambio climático incluyen una comprensión sistémica de los problemas de la organización que requiere un análisis de los vínculos internos y externos y las relaciones causa y efecto, así como las interdependencias entre ellos.

La norma se apoya con dos anexos:

Anexo A – El ‘pensamiento sistémico’ para establecer los límites de la adaptación al cambio climático.

Anexo B - Análisis de los umbrales para identificar los valores críticos que harán que una organización o sus sistemas sufran un cambio intolerable en el rendimiento.

**Fecha:** 2018-09-03



## ISO/CD1 14091 “Adaptation al CC - vulnerability, impacts and risk assessment”

Norma ISO internacional en preparación destinada a evaluar los riesgos relacionados con los impactos del cambio climático.

Su objetivo principal es proporcionar una base sólida que permita evaluar la vulnerabilidad, así como los riesgos actuales y futuros del cambio climático.

La ISO 14091 pertenece a una familia emergente de estándares sobre adaptación climática ubicado bajo el paraguas de ISO/DIS 14090, poniendo el foco en la segunda de las fases del marco general, evaluación los impactos, incluidas las oportunidades.

El contenido de este estándar está estructurado de una manera que facilita su fácil aplicación. Comienza con (i) una introducción de los principios de una evaluación de riesgo de cambio climático, seguida por (ii) la preparación, (iii) la ejecución y (iv) la documentación y comunicación de la evaluación de riesgo de cambio climático.

El contenido de este estándar viene apoyado por 9 anexos que ayudan a entender e identificar los riesgos, así como evaluarlos.

Anexo A- Directrices sobre evaluación de riesgo y vulnerabilidad

Anexo B - Información y fuentes existentes sobre cambio climático, impactos y capacidades adaptativas.

Anexo E - Ejemplos de indicadores de muestra para evaluación de riesgo y vulnerabilidad

**Fecha:** 2018-09-08



## ISO/WDIS 14080 “Greenhouse gas management and related activities - Framework and principles for methodologies on climate actions”

Norma ISO internacional (en su versión borrador) que proporciona a los países y otras partes interesadas con un marco coherente, para seleccionar, proponer y utilizar metodologías tanto para la mitigación del cambio climático como para la adaptación.

Su objetivo es aumentar la transparencia relacionada con la medición, la presentación de informes y la verificación y reducir los riesgos para las acciones de mitigación y adaptación.

Este documento facilita la armonización de las Normas Internacionales existentes (por ejemplo, ISO 14001, ISO 50001, ISO 14064-1 e ISO 14064-2), así como las futuras Normas Internacionales (por ejemplo, relacionadas con la adaptación climática) que se utilizarán para respaldar la acción climática.

Proporciona una guía para desarrollar un marco para:

- adopción de la metodología entre las mejores prácticas y la mejor tecnología disponible
- mejoras en la calidad de las metodologías;
- mejoras en los procesos para el desarrollo de metodologías;
- mejoras en la transparencia y claridad de las acciones climáticas

También proporciona orientación sobre cómo revisar el marco y sobre la comunicación adecuada. Esto reducirá el riesgo de inconsistencias en el informe de acciones climáticas agregadas conectando varias acciones climáticas con diversas metodologías y respuestas de comunicación e informes para divulgar acciones climáticas, ahorrando así tiempo y recursos.

Esta norma tiene en cuenta el *Marco de Adaptación de Cancún* (163), incluida la identificación, de manera coherente con el fomento de buenas prácticas: prácticas de adaptación efectivas; necesidades y prioridades de adaptación; el apoyo brindado y recibido para acciones y esfuerzos de adaptación; desafíos; y brechas.

**Fecha:** 2018-05-15





### Lenders guide for considering climate risk in infrastructure investments (165)

Guía orientada a evaluar posibles préstamos para infraestructura. Busca proporcionar un marco para trabajar la conexión entre los ingresos, activos y costos y la vulnerabilidad potencial de un proyecto a los riesgos climáticos físicos.

Para ello, trata de ayudar a que los bancos comprendan y administren mejor estos riesgos en su cartera de inversiones.

Trata de analizar la forma en que los riesgos climáticos físicos podrían afectar a los aspectos financieros clave de las inversiones en infraestructura.

Considera temperatura, aumento del nivel del mar, precipitación, inundación, tormentas, sequía/escasez de agua.

Incluye el análisis (no exhaustivo) de 10 subsectores: aeropuertos, puertos, almacenamiento y transporte de gas y petróleo, transporte y distribución eléctrica, generación eólica, centros de datos, telecomunicaciones, inmuebles comerciales, atención sanitaria y deporte y ocio.

El objetivo es ilustrar a los funcionarios de inversión y crédito sobre la manera de abordar los riesgos y oportunidades relacionadas con el cambio climático cuando se evalúa un nuevo proyecto, préstamo o inversión en infraestructura. Se trata de ejemplos ilustrativos, no exhaustivos que incluyen:

- una descripción general del subsector
- estimaciones del potencial del subsector (a nivel mundial y, en algunos casos, por región),
- resumen de impactos financieros potenciales para ingresos, costos y activos
- ejemplos de impactos financieros observados o proyecciones de cómo los riesgos afectarán a activos específicos del sector.

**Autor:** Acclimatise

**Fecha:** 2017



## Research of extreme weather impact on critical infrastructure (166)

Metodología desarrollada en el Proyecto FP7 RAIN de aplicación en formación universitaria. Este proyecto tiene por objetivo proporcionar un marco de análisis para minimizar el impacto de los principales fenómenos meteorológicos en las infraestructuras críticas en la UE.

Se basa en establecer los componentes clave de la red de infraestructura, evaluar su sensibilidad a eventos extremos e identificar el impacto de medidas de mitigación alternativas.

Se trata de una metodología global que llega hasta la valoración económica. Orientada a proyectos de infraestructura crítica (transporte terrestre y energía y telecomunicaciones).

Ofrece una metodología para medir la vulnerabilidad social asociada al fallo de la infraestructura crítica de transporte por tierra. El índice de vulnerabilidad queda determinado por medio de indicadores.

Basa el análisis de vulnerabilidad y su impacto en la sociedad en dos umbrales de impacto (de mayor o menor repercusión en la infraestructura).

Se analizan dos casos de estudio que describen el impacto destructivo de eventos climáticos extremos en la infraestructura crítica de transporte por tierra de Eslovaquia y Finlandia.

Se está aplicando en la formación de profesionales del sector de las infraestructuras críticas en la Universidad de Žilina (Faculty of Security Engineering, "Security and Protection of Critical Infrastructure" study programme).

**Autor:** Maria Luskova et al.

**Fecha:** 2018



## Climate change and major projects (167)

Se trata de una guía de la Comisión Europea que sirve de orientación para grandes proyectos en el período de programación 2014-2020.

Presenta una metodología muy visual.

Define los principales conceptos que se manejan y las relaciones entre ellos: exposición, sensibilidad, vulnerabilidad, probabilidad, adaptación.

Proporciona una selección de referencias sobre la base legal y guías para la integración del cambio climático en la preparación y aprobación de grandes proyectos para el período 2014-2020. Tiene carácter informativo y no entraña interpretación de la base jurídica en cuestión.

Proporciona tablas "tipo" que facilitan el proceso de evaluación de riesgo.

**Autor:** European Commission

**Fecha:** 2016



### Advancing TCFD Guidance on Physical climate Risks and opportunities (168)

Es el primer marco liderado por la industria con el potencial de convertirse en una “norma/guía” para el reporte voluntario del riesgo financiero relativo al impacto del clima para ser utilizado por potenciales inversores, prestamistas, aseguradores y otras partes interesadas

Esta guía pone énfasis en el sector financiero subrayando su responsabilidad sobre el estado actual de la salud del planeta.

- En primer lugar, el reconocimiento de que el cambio climático puede poner en riesgo la estabilidad del sistema financiero
- En segundo lugar, la necesidad de cambiar los flujos financieros hacia inversiones más amigables con el clima, que es uno de los tres pilares del Acuerdo de París: un hito para el mundo y la economía global hacia una sociedad baja en carbono.

Estas recomendaciones están empezando a ser utilizadas, pero todavía queda mucho trabajo para que sean ampliamente extensibles a todos los sectores/pequeñas empresas.

**Autor:** Mazzacurati et al. Four Twenty Seven y Acclimatise para el European Bank for Reconstruction and Development (EBRD)

**Fecha:** 2018



### Adapting infrastructure to climate change (169):

Documento de acción climática de la UE. Acompaña a la Estrategias Europea de Adaptación “An EU strategy for adaptation to climate change”.

Presenta la contribución de la UE a la adaptación al cambio climático en sectores de infraestructura seleccionados: energía, transporte y construcción/edificios. También analiza los instrumentos y la financiación proporcionados por la UE para hacer más resiliente al clima la infraestructura de Europa y esboza algunas acciones que la Comisión emprenderá para algunos ámbitos.

En él se describen los impactos del cambio climático sobre la infraestructura desde los diferentes aspectos que definen su vulnerabilidad: las tendencias globales y regionales del clima, aspectos territoriales y aspectos específicos del sector en estudio. Además, perfila las diferencias entre infraestructura en construcción y existente.

Otro aspecto a destacar es que incluye el concepto de umbrales (crítico, de adaptación, de vulnerabilidad), a incorporar en los diseños de proyectos de infraestructura, como criterio para determinar el éxito de un proyecto en el futuro. Un clima cambiante puede sacar a la infraestructura del umbral, situándolo en una situación excepcional pero aceptable, haciendo que la situación excepcional se vuelva normal o llevándolo a una situación crítica inaceptable. La infraestructura debe poder operar dentro de márgenes más estrechos entre la operación considerada normal y los umbrales críticos.

Proporciona tablas de amenaza-riesgo para cada uno de los sectores (energía, transporte y construcción/ edificios).

**Autor:** European Commission

**Fecha:** 2013



## Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient (16):

Guía de recomendaciones de la Comisión Europea para su aplicación en todo tipo de proyectos (financiados por la Comisión o no)

Se inscribe en el contexto político en evolución sobre la adaptación de la Comisión, que está incorporando la resiliencia climática en una serie de áreas de políticas e instrumentos financieros de relevancia para los activos y la infraestructura. Ofrece directrices para ayudar a los desarrolladores de activos físicos e infraestructura a incorporar en sus proyectos la resiliencia a la variabilidad climática actual y al cambio climático futuro.

De aplicación a proyectos de inversión con una duración de más de 20 años en los sectores de la energía, edificios, infraestructura e industria.

Aspectos destacados:

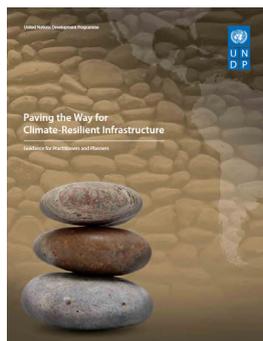
- Trata el concepto de “cascada de incertidumbre”.
- Incluye el concepto de umbrales (crítico, de adaptación, de vulnerabilidad). Deben evaluarse las tendencias climáticas para determinar si amenazan con exceder los umbrales con mayor frecuencia de lo aceptable. Los modelos climáticos pueden usarse para hacer estimaciones de límites superiores e inferiores para el futuro.
- Introduce un cambio de enfoque que implica un cambio en el énfasis desde la identificación de acciones óptimas hasta la búsqueda de medidas sólidas, que funcionen bien (aunque no necesariamente de manera óptima).
- Resalta la “gestión adaptativa” (gestión flexible del activo que puede evolucionar y ajustarse a medida que cambian las circunstancias) como principio importante para la toma de decisiones frente a la incertidumbre.

Incluye, a modo de soporte:

- un conjunto de herramientas de resiliencia climática compuesto por siete módulos
- matrices de sensibilidad y vulnerabilidad climática
- un caso de estudio.
- *Check-list* de identificación de riesgos y de opciones de adaptación.

**Autor:** European Commission

**Fecha:** 2013



## Paving the way for climate-resilient infrastructure (170):

Acta de conferencias.

La información recogida sirve de orientación general a profesionales del desarrollo público a nivel nacional y subnacional y expertos nacionales e internacionales que ayudan a las autoridades gubernamentales en la planificación de inversiones en infraestructura

Su objetivo es orientar a los profesionales dedicados a la protección de la infraestructura pública y privada ante el cambio climático y evitar así las pérdidas humanas y económicas.

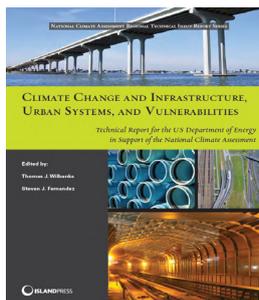
Describe las múltiples ventajas de la infraestructura resistente al clima y la importancia de realizar este ejercicio dentro de un enfoque territorial más amplio. Aspectos destacados:

- Incide en que hay aspectos transversales y sectoriales. Introduce la conveniencia de considerar sistemáticamente tres dimensiones a la hora de tomar decisiones en infraestructura: dimensiones espaciales, sectoriales e intersectoriales. Así se favorece la promoción de sinergias intersectoriales y jurisdiccionales y opciones *win-win*.
- Recomienda no reducir a cero los riesgos climáticos sino definir niveles de riesgo aceptables. La integración de los riesgos y oportunidades del cambio climático en el diseño de la infraestructura debe tener como objetivo reducir los riesgos de la infraestructura a un nivel cuantificable, aceptado por la sociedad o la economía. Esto, en la práctica, podría traducirse, por ejemplo, en identificar los tipos y la duración de las interrupciones del servicio que pueden o no ser aceptadas.
- Define medidas estructurales (construcciones físicas para reducir/evitar posibles impactos) y no-estructurales (tales como normativa, legislación, investigación, programas de concienciación pública, etc.). Gestión de riesgo de desastres (*Disaster risk management, Disaster risk reduction*).

Además de todo esto, proporciona lecciones aprendidas y principios clave sobre infraestructura resistente al clima.

**Autor:** UNDP

**Fecha:** 2011



## Climate change and infrastructure, urban systems and vulnerabilities (171)

Documento técnico elaborado para alimentar el tercer informe de la Evaluación Nacional del Clima (*NCA-National Climate Assessment*).

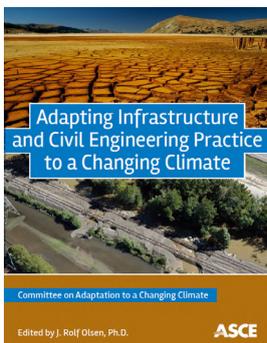
Este estudio pone el énfasis en la infraestructura construida, que incluye edificios y espacios urbanos, sistemas de energía, sistemas de transporte, sistemas de agua, sistemas de drenaje y aguas residuales, sistemas de comunicación, sistemas sanitarios, estructuras industriales y otros bienes diseñados y construidos por el hombre para prestar servicios en apoyo de la calidad de vida humana.

Un tema central del informe es que las vulnerabilidades y los impactos son cuestiones que van más allá de las propia infraestructura física. Destaca la importancia de las interdependencias como componente del estudio de la vulnerabilidad al cambio climático y las evaluaciones de impacto. Las consecuencias de los impactos y las interrupciones no implican solo los costos asociados con la limpieza, reparación y/o reemplazo de la infraestructura afectada, sino también con los efectos económicos, sociales y ambientales.

También señala que hay enfoques para la gestión del riesgo que involucran opciones no estructurales (por ejemplo, operativas).

**Autor:** Thomas J. Wilbank y Steven Fernandez

**Fecha:** 2014



## Adapting infrastructure and civil engineering practice to a changing climate (15)

Documento técnico que resume las metodologías relevantes de la ciencia del clima, define los impactos potenciales en la práctica de la ingeniería en general y en los sectores de ingeniería civil, en particular. Sectores de ingeniería civil contemplados: edificios y otras estructuras, transporte (carreteras, alcantarillas, puentes, tuberías, etc.), recursos hídricos, sistemas de agua urbanos, gestión de costas, suministro energético, regiones frías (ciclos de congelación-descongelación, acumulación de nieve, etc.). Ofrece además criterios de decisión y posibles vías de solución para abordar los impactos.

Aboga por una ingeniería más “flexible” capaz de responder ante un clima cambiante e incierto, planteando soluciones modulares, blandas, no-regret que se puedan ir adaptando.

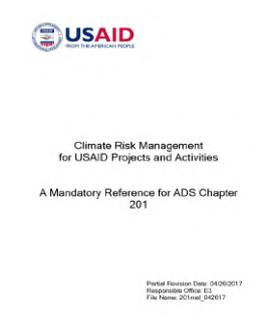
Trata de facilitar la comprensión de los métodos analíticos necesarios para describir el clima y actualizar la información disponible, incluidos los posibles cambios en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos.

Identifica y evalúa los métodos existentes para el análisis de impactos y vulnerabilidad climática. Repasa los impactos en determinados sectores de la ingeniería civil, incluyendo aquellos códigos y estándares que puedan verse afectados y proporciona recomendaciones.

Muestra 3 casos de estudio.

**Autor:** Olsen et al.

**Fecha:** 2015



### Climate risk management for USAID projects and activities. A mandatory reference for ADS chapter 201 (172)

Guía para la gestión del riesgo climático en los proyectos y actividades de USAID. Complementa el Cambio Climático en sus Estrategias.

Proporciona directrices mandatorias para optar a las ayudas de USAID.

Identifica varios recursos existentes y metodologías con pros y contras.

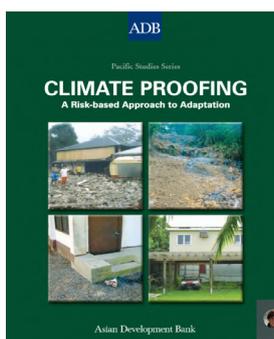
Proporciona directrices para la gestión de riesgos en el diseño del proyecto y de la actividad y la documentación que es requerida por USAID.

Define niveles de riesgo en función de la gravedad del impacto y su probabilidad de ocurrencia.

Muestra un proceso iterativo y adaptativo, donde los riesgos y las clasificaciones de riesgo se vuelven a considerar a medida que se dispone de nueva información sobre los enfoques programáticos o los impactos climáticos previstos.

**Autor:** USAID

**Fecha:** 2017



### Climate Proofing. A Risk-based Approach to Adaptation (173)

Guía mandatoria para solicitar financiación a ADB

A través de seis casos de estudio considera la resistencia al clima de los proyectos de infraestructura y desarrollo comunitario y la incorporación de criterios de cambio climático en los planes nacionales de desarrollo estratégico.

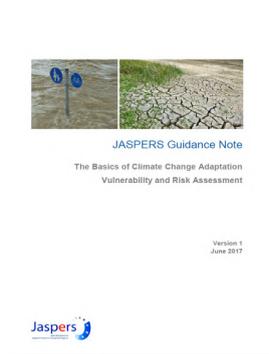
Proporciona seis casos de estudio diseñados para ayudar a los países a adaptarse a los riesgos climáticos actuales y futuros. Muestran métodos de priorización de estrategias de adaptación e intervenciones de adaptación específicas en términos de costo beneficio.

Establece tres niveles en el proceso de la adaptación: i) proyecto/comunidad; ii) regulación del sector y cumplimiento y iii) políticas y planificación (nivel nacional y subnacional).

Define las barreras más habituales para su aplicación y la necesidad de especificar niveles futuros de riesgo aceptable.

**Autor:** ADB

**Fecha:** 2005



## JASPERS Guidance Note: The Basics of Climate Change Adaptation: Vulnerability and Risk Assessment (174)

Guía que proporciona consejos sobre los principios básicos de la evaluación de riesgos de un proyecto, especialmente en relación con el desarrollo del mismo. De aplicación a proyectos de infraestructura (transporte, agua, residuos, energía, etc.) desde la etapa de concepto hasta su implementación.

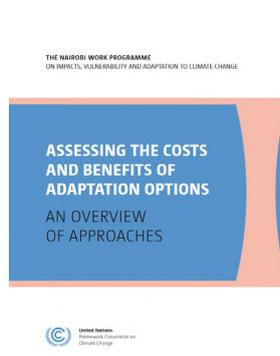
Implica identificar a qué riesgos climáticos es vulnerable el proyecto, evaluar el nivel de riesgo y considerar medidas de adaptación para reducirlo a un nivel aceptable.

Se organiza en cuatro fases o componentes básicos, una primera etapa preparatoria (previa a la evaluación, para establecer los límites) y tres en el proceso de evaluación: vulnerabilidad, riesgo, adaptación. Cada uno de ellos se divide, a su vez, en diferentes pasos que facilitan la evaluación.

Proporciona una visión general de los principios básicos del proceso de evaluación de vulnerabilidad, riesgo y adaptación. No proporciona una metodología específica o instrucciones paso a paso sobre cómo llevar a cabo dichas evaluaciones.

**Autor:** JASPERS Climate Change team

**Fecha:** 2017



## Assessing the costs and benefits of adaptation options. An overview of approaches (175)

Documento de apoyo para la selección y priorización de medidas de adaptación desarrollada en el marco del programa de trabajo de Nairobi sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

Sin pretender ser exhaustiva, proporciona una introducción a una gama de diferentes enfoques y metodologías de evaluación de medidas de adaptación y brinda apoyo de cara a la selección y priorización.

Define el proceso de adaptación en cuatro pasos: evaluación, planificación, implementación, monitorización y evaluación.

Describe el objetivo de evaluar los costos y beneficios de las opciones de adaptación en el proceso de adaptación y explica los enfoques más comúnmente utilizados (CBA, CEA, MCA). Una serie de casos de estudio ilustran estos métodos.

Asimismo, describe las lecciones aprendidas y buenas prácticas y proporciona una bibliografía de recursos y referencias útiles.

**Autor:** United Nations

**Fecha:** 2011



### Choosing the right adaptation assessment method (176)

PPT que resume la información del informe “Assessing the costs and benefits of adaptation options. An overview of approaches”.

Es un buen resumen de los enfoques más comúnmente utilizados (CBA, CEA, MCA): objetivo, aplicación, pros y contras, pasos a dar.

Define el proceso de adaptación en cuatro pasos: evaluación, planificación, implementación, monitorización y evaluación.

**Autor:** Stelios Grafakos y Veronica Olivotto

**Fecha:** 2012



### Comparing Robust Decision-Making and Dynamic Adaptive Policy Pathways for model-based decision support under deep uncertainty (132)

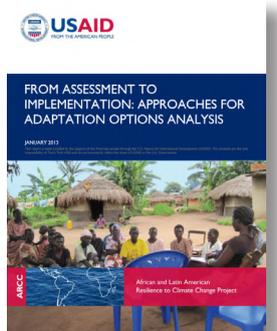
Artículo orientado al análisis de opciones de adaptación que presenta las diferencias de la aplicación de dos enfoques diferentes a un mismo caso de estudio.

Realiza la comparativa de dos enfoques complementarios basados en modelos para el apoyo a la toma de decisiones en un marco de gran incertidumbre: *Robust Decision-Making (RDM)* y *Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP)*. El primero pone el énfasis en las condiciones en las que se producen los problemas y, el segundo, enfatiza en la adaptación dinámica en el tiempo y ofrece una forma natural para manejar las vulnerabilidades identificadas a través de la toma de decisiones robusta.

Aplica los dos enfoques a un caso de estudio para obtener información sobre los diferentes caminos analíticos seguidos y realiza la comparativa de ambas aproximaciones.

**Autor:** Jan H. Kwakkel et al.

**Fecha:** 2016



### Approaches for Adaptation Options Analysis (177)

Documento de apoyo para la selección y priorización de medidas de adaptación.

Se presenta los principios centrales del análisis de opciones de adaptación y las herramientas que introducen rigor en el proceso de selección.

Resume los enfoques más comúnmente utilizados (CBA, CEA, MCA) y proporciona algunos ejemplos de aplicación.

**Autor:** USAID

**Fecha:** 2013



## Página web del proyecto ECONOADAPT (127)

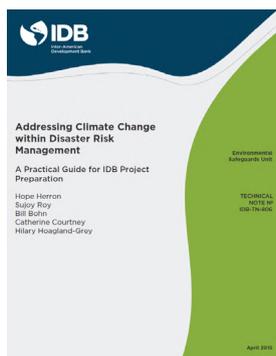
ECONADAPT es un proyecto de investigación enmarcado en el 7º Programa Marco de la Comisión Europea. Su objetivo es apoyar la planificación de la adaptación mediante la construcción de una base de conocimiento sobre economía de la adaptación que sea útil a los responsables de la toma de decisiones.

En su página web se proporciona información de fácil acceso para la evaluación económica de la adaptación. Sirve de guía para orientar sobre las diferentes metodologías disponibles y su aplicación para respaldar la toma de decisiones en este ámbito.

Recoge información sobre:

- la implementación o evaluación de una política o proyecto específico
- métodos para la evaluación de una determinada actividad de adaptación
- ejemplos prácticos

**Autor:** University of Bath et al.



## Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático (178)

Esta Metodología se basa en el proceso de screening (identificación y clasificación) proyectos actualmente ya implementado en el Banco Interamericano de Desarrollo, orientando a los equipos a cargo de proyectos en la realización de evaluaciones del riesgo de desastres y cambio climático en operaciones relevantes. Si bien el objetivo es que el enfoque adoptado tenga un campo de aplicación lo más amplio posible, es particularmente relevante para proyectos de infraestructura. La metodología propuesta incluye cinco etapas: (1) screening, (2) revisión de la clasificación inicial incluyendo criticidad/vulnerabilidad, (3) narrativa, (4) taller con expertos locales y técnicos y (5) análisis detallado. Cuenta por tanto con una concepción más amplia que el presente documento, que se centran en el último apartado de los anteriormente citados.

**Autor:** Banco Interamericano de Desarrollo

De las referencias mencionadas, se ha realizado un análisis en mayor profundidad de aquellas que han sido consideradas por el equipo consultor como más interesantes para el objetivo de la Guía que nos ocupa y que han servido de referencia para la elaboración de la metodología que se presenta en el apartado siguiente. Las fichas que se muestran a continuación tratan de recoger la información más esencial de dichas referencias.

## 2.1.2 Referencias más relevantes

A continuación, se recoge en formato de fichas técnica información más detallada sobre las referencias ligadas a herramientas que se han considerado interesantes para cubrir los objetivos de la presente Guía.

El contenido que se muestra en las fichas se ha resumido en la Tabla 1.

> **Tabla 1: Estructura de las fichas**

Título [REFERENCIA]		
TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Norma, guía, informe.	Metodología general, organizacional, infraestructura, sector hidroeléctrico, análisis de opciones de adaptación.	Fecha
<b>DESCRIPCIÓN/OBJETIVO</b>		
Descripción y objetivos		
<b>CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS</b>		
Metodología de análisis y aspectos destacados		
<b>SOPORTE</b>		
Fichas, software, u otro tipo de herramientas de ayuda a la implementación de la metodología descrita		
<b>ELEMENTOS QUE CONSIDERA</b>		
Entradas de información, amenazas climáticas, etc.		
<b>RESULTADOS</b>		
Productos, resultados generados		
<b>REFERENCIAS DE INTERÉS</b>		
Otros documentos de interés relacionados: tutoriales, artículos.		

> **Fuente: Elaboración propia.**

Este formato se ha empleado igualmente para describir aquellas referencias que se han considerado de relevancia (principalmente herramientas) en el resto de apartados en los que se divide el estado del arte:

- Disciplinas transversales
- Sectores

## ECA (The Economics of Climate Adaptation / Economía de la Adaptación al Clima) (157)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Guía metodológica	Metodología general de cuantificación económica del riesgo climático y la adaptación	10 noviembre 2015

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

ECA (Economía de la Adaptación al Clima) es una plataforma para la toma de decisiones, identificando las medidas de adaptación rentables. Tanto los funcionarios nacionales como los locales pueden usarlo para cuantificar el riesgo que el cambio climático representa para sus economías y para minimizar el costo de adaptarse a ese riesgo.

Para una aseguradora el cambio climático es un riesgo clave. El aumento de la frecuencia y severidad de las catástrofes naturales, la concentración de los activos en áreas expuestas y las protecciones más generalizadas de los seguros puede causar un aumento en las pérdidas.

Supone un marco práctico para que los técnicos locales y nacionales puedan cuantificar el riesgo que el cambio climático supone para sus economías, y minimizar el costo de adaptación frente a dicho riesgo.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

La estrategia se centra en cuatro pilares:

- Avanzar en la comprensión de los riesgos del cambio climático, cuantificarlos e integrarlos en la gestión de riesgos.
- Desarrollo de productos para mitigar o adaptarse al cambio climático.
- Aumentar la conciencia sobre los riesgos del cambio climático en clientes etc.
- Abordar la huella de carbono propia.

En esta calificación se incluye una evaluación de la pérdida anual económica esperada para la ubicación a partir de los patrones climáticos existentes, una proyección de la medida en que el crecimiento económico futuro pondrá en riesgo una mayor pérdida, y, finalmente, una evaluación de la pérdida incremental que podría ocurrir durante un período de veinte años en los diferentes escenarios de cambio climático.

El marco utiliza la disciplina de costo-beneficio para evaluar una selección de medidas factibles y aplicables para adaptarse al riesgo esperado, que abarca soluciones infraestructurales, tecnológicas, de comportamiento y financieras. El resultado de este ejercicio de costos proporciona una entrada clave, junto con la política, la capacidad y otras consideraciones, para un país, región o ciudad que reúne una estrategia de adaptación integral. Debido a que cualquier estrategia de este tipo deberá estar estrechamente integrada con las opciones de desarrollo económico más amplias de la ubicación, muchas de las medidas evaluadas serán pasos de desarrollo económico.

Con los estudios de caso, los resultados muestran que se puede evitar hasta el 65% de la pérdida esperada del cambio climático utilizando medidas de adaptación rentables.

## ECA (The Economics of Climate Adaptation / Economía de la Adaptación al Clima) (157)

### SOPORTE

Estudios de caso en más de 20 regiones diferentes en todo el mundo, que van desde Maharashtra en India hasta Florida y el norte de Inglaterra.

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Los riesgos considerados son eventos específicos como daños por el viento, tormentas, por inundaciones, inundaciones provocadas por el deshielo, sequía y olas de calor, así como riesgos de cambios graduales, por ejemplo, inundaciones y salinización debido al aumento del nivel del mar.

### RESULTADOS

El resultado es una curva de costos, una herramienta útil para la ayuda en la toma de decisiones. Teniendo en cuenta que reducir las futuras pérdidas por el cambio climático es uno de los objetivos clave en la toma de decisiones, la curva evalúa el desempeño de las medidas en función de qué tan bien reducen las pérdidas esperadas.

Las estimaciones detalladas que se encuentran en cada curva del costo también permiten a los tomadores de decisiones evaluar los recursos financieros necesarios para abordar el riesgo planteado en cada escenario climático, así como una indicación aproximada de dónde se pueden asignar los recursos de manera más efectiva desde una perspectiva puramente económica.

Como en todos los ejercicios de planificación de escenarios, las estimaciones resultantes no pueden considerarse una predicción precisa sino un mapa general que puede guiar la toma de decisiones.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

<https://www.swissre.com/our-business/public-sector-solutions/thought-leadership/economics-of-climate-adaptation.html>

## CLIMADA (128)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Herramienta open-source	Metodología ECA (Economics of climate adaptation methodology)	2015/01/14

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

Climada es una plataforma que permite estimar el daño económico esperado y proporciona herramientas para comprender el impacto del clima en la economía y minimizar el impacto mediante acciones. Por lo tanto, permite a los tomadores de decisiones integrar la adaptación con el desarrollo económico y el crecimiento sostenible.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

La metodología implementada en Climada proporciona una base de datos que ayuda a los responsables en la toma de decisiones a comprender el impacto del clima en sus economías e identificar acciones para minimizar ese impacto.

Usando modelos probabilísticos de última generación, se estima el daño económico esperado como una medida de riesgo hoy en día, el aumento incremental del crecimiento económico y el incremento adicional debido al cambio climático. Luego se construye una cartera de medidas de adaptación, evaluando el daño Potencial de aversión y la relación costo-beneficio para cada medida.

El módulo principal proporciona al usuario la funcionalidad clave para realizar una evaluación económica de la adaptación al clima. Con los módulos adicionales se implementa a la cobertura global (generación automática de activos) una serie de peligros (ciclones tropicales, oleadas, lluvias, tormentas de invierno en Europa, ... e incluso terremotos y meteoritos) y otras funciones.

Las medidas permiten gestionar proactivamente el riesgo climático total.

### SOPORTE

Se ejecuta en MATLAB (versión 72 y superior) y GNU Octave (versión 3.8.0 y superior, consulte <https://www.gnu.org/software/octave>).

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

El riesgo de la naturaleza depende de tres conjuntos básicos de datos, que se deben incluir en el modelo de daños. Son:

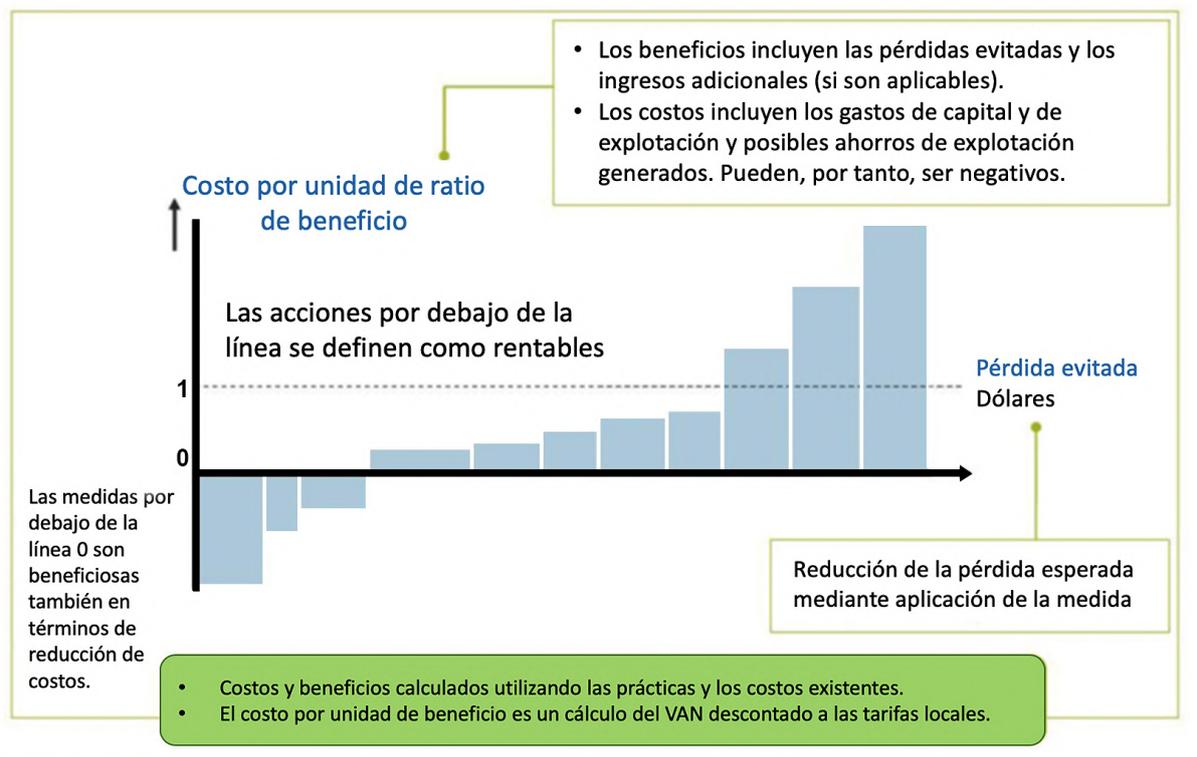
- ¿Dónde, con qué frecuencia y con qué intensidad ocurren los eventos?
- ¿Cuál es el alcance del daño en una intensidad de evento determinada?
- ¿Dónde se ubican los diversos tipos de objetos asegurados y qué tan alto es su valor?

## CLIMADA (128)

### RESULTADOS

La curva de costos muestra de izquierda a derecha el rango de medidas de menos a más costosa. Pero la evaluación del costo y el potencial de reducción del daño con cada medida puede ser bastante difícil, por lo tanto, los resultados deben utilizarse para comenzar a estudiar la oportunidad de reducción del daño de las diferentes medidas en lugar de como recomendaciones para implementar las medidas.

➤ **Figura 2:** Curva de costos



➤ **Fuente:** adaptado de [https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/tools/climada/bresch\\_2015\\_climada\\_manual.pdf](https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/tools/climada/bresch_2015_climada_manual.pdf)

### REFERENCIAS DE INTERÉS

<https://www.preventionweb.net/educational/view/42020>

[https://www.preventionweb.net/files/42020\\_42020climadamannual.pdf](https://www.preventionweb.net/files/42020_42020climadamannual.pdf)

## Plataforma CAPRA (Evaluación Probabilística del Riesgo) (159)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Plataforma de software abierto	Metodología general de riesgos y estrategias de financiación de riesgos.	2008

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

Se trata de una plataforma de software abierto que aplica técnicas probabilistas al análisis de las amenazas y pérdidas causadas por desastres naturales para la evaluación de riesgos.

Se pretende:

- Desarrollar una metodología común, abierta y modular para evaluar y cuantificar el riesgo de desastres desde múltiples peligros.
- Formular estrategias integrales de gestión del riesgo de desastres a nivel subnacional, nacional y regional.
- Guiar a los agentes decisores sobre el impacto potencial de los desastres asociados a los peligros naturales.
- Fortalecer la capacidad institucional para evaluar, entender y comunicar el riesgo de desastres con el fin último de integrar la información de riesgo de desastre generada en las políticas y programas de desarrollo.
- Proporcionar acceso a las herramientas existentes de evaluación de riesgos y riesgos totalmente probabilísticos a instituciones locales, siendo esto necesario, principalmente, en países en desarrollo.
- Desarrollar una metodología flexible en la que cualquier persona (universidades, centros de investigación, etc.) pueda incorporar actualizaciones y mejoras.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

La información sobre amenazas se combina con la referente a la exposición y vulnerabilidad física, que le permite al usuario determinar el riesgo conjunto o en cadena en función de múltiples riesgos relacionados entre sí. La plataforma dispone de un conjunto de herramientas de modelado de amenazas y análisis de vulnerabilidad y riesgo.

### SOPORTE

Tipo de herramienta/software:

- Licencia: Open Source Apache 2.0
- MS Windows®
- Lenguaje de programación: Visual Basic
- Tecnología: MS .NET Framework

Módulos:

- Módulo ERN-NHRain.
- Módulo ERN-Hurricane.
- Módulo ERN-Volcano.
- Módulo ERN-Flood.
- Módulo CRISIS 2007.
- Módulo ERN-Vulnerability.
- CAPRA-GIS

## Plataforma CAPRA (Evaluación Probabilística del Riesgo) (159)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

La plataforma dispone de un conjunto de herramientas que abarcan los siguientes ámbitos:

- Los módulos de amenaza incluyen un conjunto de aplicaciones de software para determinar las amenazas geológicas (sísmica, tsunami, volcánica) e hidrogeológicas (deslizamientos, sequía, inundación, huracán) y un módulo especial de evaluación de amenazas del cambio climático.
  - Módulo ERN-NHRain: módulo de riesgo de lluvia. Permite la generación de tormentas estocásticas elípticas que se obtienen de las curvas PADF (Precipitación, área, duración, frecuencia) para una cuenca determinada. Para el modelado de la lluvia no asociado con el paso de un huracán.
  - Módulo ERN-Hurricane: permite el modelado probabilístico de la amenaza de huracanes. Toma como entrada los recorridos registrados de huracanes históricos y el huracán genera recorridos estocásticos que son consistentes con el recorrido original. Calcula los escenarios de amenaza por vientos fuertes, marejadas ciclónicas y fuertes lluvias.
  - Módulo ERN-Volcano: sistema especializado en el modelado de peligros volcánicos. El programa integra probabilísticamente todas las variables incluidas en el modelo para la evaluación de riesgos volcánicos para generar un conjunto de escenarios estocásticos, cada uno caracterizado por una frecuencia anual de ocurrencia de cada tipo de producto (lavas, flujos piroclásticos, cenizas).
  - Módulo ERN-Flood e IT-Flood: permiten el análisis de las inundaciones de los ríos, basándose en un conjunto de escenarios de lluvia estocástica calculados con ERN-NHRain (para lluvia sin huracanes) o ERN-Hurricane (para lluvia de huracanes).
  - Landslide ToolBox: permite obtener el factor de seguridad contra deslizamientos de tierra para un terreno para una condición específica de lluvia y riesgo sísmico utilizando el enfoque de la teoría de la pendiente infinita. Toma como datos de entrada los parámetros del suelo en términos de esfuerzos efectivos, el riesgo de lluvia en términos de la precipitación media mensual plurianual y el riesgo sísmico en términos de aceleración máxima en el suelo.
  - Módulo CRISIS 2007: módulo de riesgo sísmico y tsunami. Permite la definición completa de un modelo sísmico para la evaluación probabilística de peligros y el cálculo de escenarios estocásticos para la evaluación de riesgos.
- \* El módulo de exposición incluye herramientas para la localización, clasificación y evaluación de infraestructura potencialmente expuesta a peligros.
- \* El módulo de vulnerabilidad incluye herramientas de software para el desarrollo de funciones de vulnerabilidad física para cada peligro y clase de activo considerado.
  - Módulo ERN-Vulnerability: permite crear y editar curvas de vulnerabilidad para diferentes tipos estructurales bajo los efectos de diferentes peligros naturales. Incluye una base de datos de curvas de vulnerabilidad, propuesta por diferentes autores y permite su edición en función de las características principales de los tipos estructurales bajo análisis.
- \* El módulo de evaluación de riesgos incluye CAPRA-GIS y aplicaciones de software para cálculos de riesgo probabilístico basados en datos de riesgo, exposición y vulnerabilidad física.
- \* Incluye software y herramientas adicionales para soluciones en riesgos, estrategias de financiación de riesgos y gestión de riesgos, y documentos relacionados y bases de datos sobre Evaluación de riesgos probabilística.

### RESULTADOS

La aplicación de las herramientas disponibles permite realizar diferentes tipos de análisis:

- Los módulos de amenaza permiten determinar las amenazas geológicas (sísmica, tsunami, volcánica) e hidrogeológicas (deslizamientos, sequía, inundación, huracán):
  - Módulo ERN-NHRain: módulo de riesgo de lluvia no asociado con el paso de un huracán. Permite la generación de tormentas estocásticas elípticas para una cuenca determinada.
  - Módulo ERN-Hurricane: permite el modelado probabilístico de la amenaza de huracanes. Calcula los escenarios de amenaza por vientos fuertes, marejadas ciclónicas y fuertes lluvias.
  - Módulo ERN-Volcano: sistema especializado en el modelado de peligros volcánicos. El programa genera un conjunto de escenarios estocásticos, cada uno caracterizado por una frecuencia anual de ocurrencia de cada tipo de producto (lavas, flujos piroclásticos, cenizas).
  - Módulo ERN-Flood e IT-Flood: permiten el análisis de las inundaciones de los ríos.
  - Landslide ToolBox: permite obtener el factor de seguridad contra deslizamientos de tierra para un terreno para una condición específica de lluvia y riesgo sísmico.
  - Módulo CRISIS 2007: permite la definición completa de un modelo sísmico para la evaluación probabilística de peligros y el cálculo de escenarios estocásticos para la evaluación de riesgos.
- El módulo de exposición incluye herramientas para la localización, clasificación y evaluación de infraestructura potencialmente expuesta a peligros.
- El módulo de vulnerabilidad incluye herramientas de software para el desarrollo de funciones de vulnerabilidad física para cada peligro y clase de activo considerado.
- El módulo de evaluación de riesgos incluye CAPRA-GIS y aplicaciones de software para cálculos de riesgo probabilístico basados en datos de riesgo, exposición y vulnerabilidad física.
- Incluye software y herramientas adicionales para soluciones en riesgos, estrategias de financiación de riesgos y gestión de riesgos.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Understanding Risk: Review of Open Source and Open Access Software Packages Available to Quantify Risk from Natural Hazards” [https://www.gfdrr.org/sites/gfdrr/files/publication/UR-Software\\_Review-Web\\_Version-rev-1.1.pdf](https://www.gfdrr.org/sites/gfdrr/files/publication/UR-Software_Review-Web_Version-rev-1.1.pdf)
- Review of CAPRA Vulnerability Module (Hurricane Suite). <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22981>
- CAPRA-GIS User Manual (Version 2009-03) <https://ecapra.org/sites/default/files/user-manual/User%20Manual%20CAPRA-GIS%20-%20%28eng%29.pdf>
- CAPRA: a flexible and open tool to assess seismic risk in a fully probabilistic manner [https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/Portals/0/Innovation/ENCML/2017\\_Workshop\\_Seismic\\_Risk\\_Assessment\\_Tools/Day1/4\\_CAPRA%20Mario%20Ordaz%20-%20Autonomous%20University%20Mexico.pdf](https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/Portals/0/Innovation/ENCML/2017_Workshop_Seismic_Risk_Assessment_Tools/Day1/4_CAPRA%20Mario%20Ordaz%20-%20Autonomous%20University%20Mexico.pdf)

## PREPDATA (160)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Plataforma <i>online</i> de datos abiertos	Metodología general	2016

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

PREPdata es una plataforma *online* de datos abiertos basada en mapas que permite a los usuarios acceder y visualizar datos espaciales que reflejan el clima pasado y futuro, así como el panorama físico y socioeconómico para la adaptación al clima y la planificación de la resiliencia.

Permite a planificadores urbanos y ejecutivos corporativos decidir sobre sus estrategias e inversiones.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

Se trata de una plataforma visual, basada en mapas, fácil de usar y personalizada para diferentes contextos y niveles de habilidad.

Su desarrollo se basa en las necesidades del usuario, utilizando el conocimiento y la red de los socios y usuarios de la plataforma para permitir la mejora continua.

Conservación activa de conjuntos de datos enfocados a resiliencia climática, agilizando el proceso de acceso a datos relevantes.

Compromiso con la cobertura global, poniendo énfasis en aumentar el acceso a los conjuntos de datos para el *Global South*, y el soporte para aplicaciones en diferentes escalas y geografías.

### SOPORTE

Plataforma *online* de datos abiertos.

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Proporciona acceso a datos de clima, físicos y socioeconómicos procesables para los agentes que toman las decisiones.

La Base de Datos de la plataforma incluye, entre otros, datos de temperatura, precipitación, riesgo de sequía e inundación, vulnerabilidad social, instalaciones de energía costera, deslizamientos de tierra, aumento del nivel del mar, efecto de isla de calor urbano global, embalses y represas, extensión global de las tierras de cultivo, etc.

- Cambio climático: Temperatura, precipitación, eventos extremos, riesgos en costa, agua.
- Elementos expuestos: población, agricultura, infraestructura.
- Factores de vulnerabilidad: socioeconómico, índices de vulnerabilidad.
- Características físicas: límites administrativos, tierra, agua.

PREPdata permite a los usuarios crear paneles personalizados de riesgos climáticos que combinan datos *top-down* con información local.

## PREPDATA (160)

### RESULTADOS

Se genera información necesaria para la toma de decisiones sobre estrategias e inversiones.

Permite cargar datos propios o extraer datos de fuentes globales autorizadas a través de la plataforma, guardar los conjuntos de datos favoritos, crear un panel de indicadores, compartir su contenido con otros usuarios y aprender de ellos.

Permite dar respuesta a diversos tipos de cuestiones como, por ejemplo, si deben los agricultores adoptar sistemas de riego más eficientes en regiones propensas a la sequía o cambiar a semillas resistentes al clima. O si debería una empresa que enfrenta altos costos de energía provocados por el aumento de la temperatura invertir en sistemas de energía renovable más asequibles o reubicar su fábrica en un clima más fresco. Algunos ejemplos de aplicación:

- El condado de Sonoma lo ha aplicado para respaldar la planificación de la resiliencia climática, centrandolo en los cambios que podrían afectar a la región vitivinícola y dependiente del turismo.
- En la India se está utilizando para apoyar los planes de adaptación al clima en dos estados de la India (Uttarakhand y Madhya Pradesh) a través del desarrollo de tableros a nivel estatal que permitan rastrear los indicadores clave de peligro climático, vulnerabilidad y adaptación.
- En África, se está explorando su uso como plataforma para el análisis a escala regional de la vulnerabilidad al cambio climático.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Webinar: PREPdata - Visualizing Data to Build Climate Resilience  
<http://www.wri.org/events/2018/03/webinar-prepdata-visualizing-data-build-climate>
- Visualizing a Warmer World: 10 Maps of Climate Vulnerability  
<http://www.wri.org/blog/2018/02/visualizing-warmer-world-10-maps-climate-vulnerability>

## InaSAFE (161)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Proyecto de código abierto (licencia GPL)	Metodología general	2014

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

InaSAFE es un software gratuito que produce escenarios realistas de impacto de peligros naturales para contribuir a una mejor planificación, preparación y acciones de respuesta. Proporciona una manera simple pero rigurosa de combinar datos provenientes de la comunidad científica, gobiernos locales y comunidades para proporcionar información sobre los posibles impactos de futuros desastres.

Inicialmente, el foco del proyecto fue Indonesia.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

InaSAFE combina una capa de datos de exposición (por ejemplo, la ubicación de edificios) con un escenario de peligro (por ejemplo, la huella de una inundación) y devuelve una capa de impacto espacial junto con un resumen estadístico y preguntas de acción.

InaSAFE permite dividir los resultados de impacto por límites administrativos y proporcionar un desglose de la información sobre el género y la edad de las personas afectadas (post-procesador).

### SOPORTE

InaSAFE QGIS plugin: Aplicación diseñada en Indonesia para apoyar la preparación ante desastres y la planificación de contingencias.

InaSAFE incluye una serie de herramientas para la evaluación de impacto:

- OSM downloader: para la descarga de datos
- Keyword wizard que permite un uso más ágil de los datos mediante la asignación de palabras clave a los mismos.
- Set analysis extent que permite gestionar la extensión de análisis.
- Impact Function Wizard para la selección de una función de impacto apropiada.
- Minimum needs para la selección por el usuario de los requerimientos mínimos.

Proporciona casos de uso a modo de ejemplo.

InaSAFE realtime: hay también una plataforma web que proporciona conocimiento de la situación para dar respuesta y recuperarse ante desastres. Para cada amenaza tiene una página de destino con un mapa y cierta información sobre el análisis. Cada página tiene herramientas para filtrar los datos, acercarse a un evento, ver el informe de impacto y descargar informes y datos.

## InaSAFE (161)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Con respecto a qué *inputs* son necesarios para llevar a cabo un análisis, en el nivel más alto InaSAFE toma las capas *Hazard* (amenazas, tales como sacudidas del suelo, profundidad del agua o carga de cenizas) y *Exposure* (datos de exposición como densidad de población o huella de edificios) y las combina de acuerdo con una función de impacto para producir una capa de impacto y un informe.

Actualmente proporciona soporte de las siguientes amenazas: terremotos, volcanes, tsunamis, inundaciones y otras amenazas genéricas donde solo proporciona niveles de peligro tales como alto, medio y bajo. Está en proceso de extensión.

Respecto a la exposición, InaSAFE se refiere a personas, infraestructura o áreas de tierra que pueden verse afectadas por un desastre. Actualmente, admite cuatro tipos de datos de exposición: carreteras, edificios, población/ personas y cobertura terrestre.

### RESULTADOS

InaSAFE devuelve una capa de impacto espacial junto con un resumen estadístico y preguntas de acción. Permite dar respuesta a preguntas del tipo: “En el caso de una inundación similar al evento de Yakarta de 2013, cuántas personas podrían necesitar evacuar”.

InaSAFE permite dividir los resultados de impacto por límites administrativos y proporcionar un desglose de la información mediante el cálculo de indicadores derivados (post-procesador).

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Introduction to InaSAFE and case studies [https://www.slideshare.net/emirhartato/introduction-to-inasafe-and-case-studies-malawi?qid=a06f1c3f-4a8a-4f97-a4b2-af1b35ffbea9&v=&b=&from\\_search=1](https://www.slideshare.net/emirhartato/introduction-to-inasafe-and-case-studies-malawi?qid=a06f1c3f-4a8a-4f97-a4b2-af1b35ffbea9&v=&b=&from_search=1)
- Developing Software to Support Disaster Risk Management: InaSAFE Dr David Robinson Risk and Vulnerability Team Leader Australia-Indonesia Facility for. <https://data.inasafe.org/Presentations/20150314%20Developing%20Software%20to%20Support%20DRM%20InaSAFE.pdf>
- InaSAFE – Free Software for disaster preparedness and response planning activities <https://understandrisk.org/inasafe-free-software-for-disaster-preparedness-and-response-planning-activities/>
- InaSAFE <https://www.slideshare.net/IsmailSunni/inasafe>
- InaSAFE Presentations <https://data.inasafe.org/Presentations/>

## XDI\_SYSTEMS (162)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Herramienta	Metodología de cariz financiero para análisis de riesgos de ciertas infraestructuras críticas (edificios, carreteras y ferrocarriles, sistemas de abastecimiento y saneamiento de agua, telecomunicaciones)	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

Herramienta de cariz financiero, tal vez más enfocado al mundo de los seguros y de las finanzas, en relación al análisis de riesgos de ciertas infraestructuras críticas (edificios, carreteras y ferrocarriles, sistemas de abastecimiento y saneamiento de agua, telecomunicaciones). De los dos productos que se ofrecen, el segundo de ellos “XDI CLIMATE ADAPTATION SYSTEM” es el que podría ser más interesante; con él que se pueden analizar medidas de adaptación y definir hojas de rutas desde un punto de vista económico.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

Integran datos de ingeniería y diseño sobre activos (un análisis de condiciones bajo las cuales fallarán) y luego datos meteorológicos históricos y futuros para calcular la probabilidad estadística de fallo y daño cada año del próximo siglo.

Se basa en métodos actuariales robustos que evalúan los riesgos para cada activo individual (Modelos estadísticos y matemáticos para la evaluación de riesgos en la industria aseguradora y financiera, principalmente).

### SOPORTE

El XDI Climate Adaptation System opera en la plataforma XDI y generalmente se entrega como “Software as a Service” (SaaS) desde servidores seguros en la nube.

En implementación en tres estados australianos: Nueva Gales del Sur, Victoria y Queensland. En pruebas a nivel nacional en Fiji, Samoa y Papua Nueva Guinea. En negociaciones para dos pruebas en ciudades de América del Norte. Primer proyecto en Europa, que comienza en 2018. Esto se ejecutará con la Iniciativa de bonos climáticos con sede en Londres, bajo los fondos de innovación de Climate KIC (Europa).

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Puede realizar pruebas para: Inundaciones fluviales, inundaciones costeras (con aumento del nivel del mar), incendios forestales, olas de calor y vientos extremos. Actualmente en desarrollo los daños por sequía y rayos.

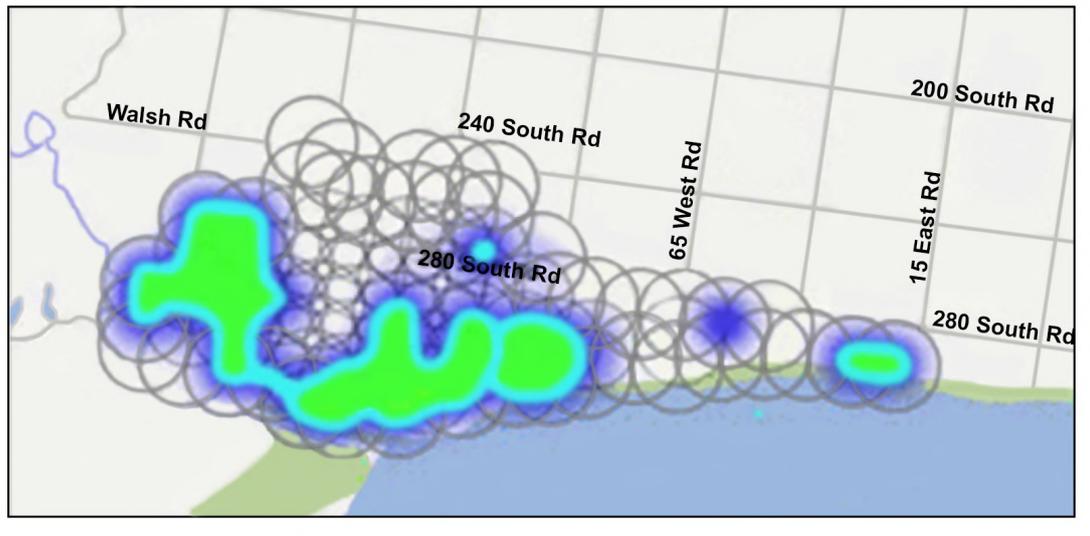
Es un espacio vivo. Los gestores de los activos se agregan o actualizan sus activos cuando las cosas cambian. Se mantiene actualizado el sistema con la meteorología, el clima y los datos de ingeniería para que siempre tenga el mejor análisis al alcance de su mano.

Es la primera tecnología de su tipo capaz de utilizar directamente NARClím, la base de datos de modelado de cambio climático de 500 terabytes del *Climate Change Research Centre* UNSW.

### RESULTADOS

Proporciona proyecciones a varios años de: Costo de seguro/costo de riesgo medio anual; disponibilidad de activos; KPI sobre interrupción de clientes e ingresos; análisis costo-beneficio de adaptación; costo-beneficio con descuento y VAN; asignaciones de impacto de peligro; diagnósticos de vulnerabilidad de activos.

Figura 3: Ejemplo de resultados



Fuente: adaptado de XDI\_SYSTEMS (162)

El sistema tiene múltiples capacidades de comunicación visual para demostrar los resultados de las opciones de hoja de ruta.

El Sistema captura la hoja de ruta de adaptación preferida de la organización e informa eso dentro del “TCFD Dashboard”. También rastrea si la organización está logrando su trayectoria planificada y los objetivos de riesgo. El sistema también se puede usar para probar y refinar activos hipotéticos, como nuevos desarrollos o infraestructura propuesta.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Case Study Utility Scale: Sydney Water
- Case Study City Scale: XDI Sydney
- Jacquelyn Lamb, Climate Risk The Cross Dependency Initiative – Integrated Risk and Collaborative Adaptation
- Australian climate adaptation technology in global demand
- Organización “madre”: <https://www.climaterisk.com.au/>

## SimCLIM (179)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Herramienta <i>software</i>	Gestión de datos climáticos	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

SimCLIM 4.0 es un paquete de *software* para la gestión de datos climáticos que facilita el acceso a información climática útil adaptada a las necesidades particulares del usuario final. Por ejemplo, los patrones climáticos de alta resolución y los datos de localización pueden proporcionarse a un determinado usuario final para facilitar la evaluación de riesgo y adaptación para su área geográfica de interés.

Se aplican métodos científicamente sólidos basados en las directrices del IPCC, ciencia del clima actualizada y un panel de asesores de expertos.

Dirigida a responsables en el ámbito de la sostenibilidad, consultores, responsables políticos, académicos, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y estudiantes

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

Se trata de un programa flexible basado en Windows que puede aplicar una amplia gama de datos previamente regionalizados en prácticamente cualquier escala (local a global) permitiendo desarrollar escenarios rápidamente.

Permite evaluar promedios mensuales de las siguientes variables climáticas:

- Precipitación (mm)
- Temperatura media (C)
- Temperatura mínima (C)
- Temperatura máxima (C)
- A petición: solar (W/m<sup>2</sup>); humedad relativa (%); velocidad del viento (m/s)

Se puede destacar como posibles estudios:

- Escenarios territoriales donde el usuario elige año, escenario de emisión, sensibilidad y GCM)
- Escenario para un emplazamiento particular (dada la ubicación, escenario de emisión, sensibilidad y GCM)
- Aumento del nivel del mar en un emplazamiento particular (con/sin movimiento vertical de la tierra)
- Datos del emplazamiento (importación, análisis, etc.)
- Eventos extremos (análisis, con/sin cambio climático)

### SOPORTE

Otros productos de CLIMsystems incluyen: SimCLIM for ArcGIS/Climate, SimCLIM for ArcGIS marine y RIDS Risk Informed Decision Support system.

## SimCLIM (179)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Los datos de GCM en SimCLIM son de CIMP5, que también es la fuente de datos para las proyecciones de cambio climático del IPCC AR5.

Escenarios climáticos que incluyen la temperatura mínima, máxima y media disponibles con 40 modelos GCM sobre los que elegir y aplicar en *ensembles* para prácticamente cualquier lugar de la Tierra. Análisis de precipitación diaria extrema AR5 con 22 patrones GCM.

Los datos del Modelo de clima regional (RCM) de CORDEX están disponibles para casi todas las regiones CORDEX del mundo. Su inclusión con SimCLIM 4.0 complementa los 40 GCM ya disponibles y se pueden utilizar individualmente, en conjunto o en combinación con los GCM en un *ensemble* maestro. El usuario tiene control completo sobre la mezcla de GCM y RCM que se puede aplicar.

### RESULTADOS

Se pueden generar territorialmente y para determinadas ubicaciones (para ciudades, provincias/estados, naciones,...): mapas, gráficos y cuadros de diversos aspectos del cambio climático.

Las salidas se pueden exportar a programas GIS como ArcGIS y los datos tabulares se pueden exportar rápidamente a Excel para un análisis más detallado y obtención de gráficos.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- <http://www.climsystems.com/simclim/>
- SimCLIM 4.0 Essentials <http://documents.climsystems.com/SimCLIM%204.0/SimCLIM%204.0%20Essentials.pdf>
- SimCLIM 4.x for Desktop FAQ <http://documents.climsystems.com/SimCLIM%204.0/SimCLIM%204.0%20for%20Desktop%20FAQ.pdf>

## RASOR (Rapid Analysis and Spatialisation Of Risk) (180) (181)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Plataforma/herramienta	Herramienta para análisis de riesgo	2013-2016

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

Plataforma para realizar análisis de riesgo multi-amenaza que tiene por objetivo respaldar el ciclo completo de gestión de desastres, incluyendo el apoyo dirigido a monitorización de infraestructura crítica y evaluación de impacto del cambio climático.

Desarrollada en el marco del proyecto Europeo RASOR (*Rapid Analysis and Spatialisation Of Risk*).

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

RASOR utiliza un sistema de consultas basado en escenarios que permite a los usuarios simular escenarios futuros basados en condiciones existentes y asunciones, comparar con escenarios históricos y modelar riesgos multi-amenaza tanto antes como durante un evento.

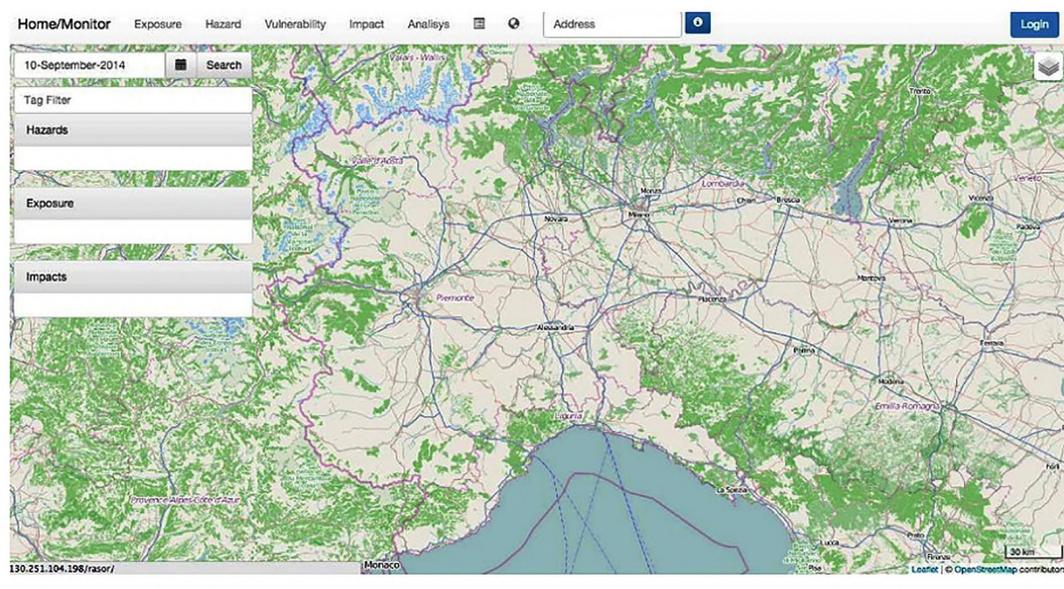
Los gestores pueden determinar, por ejemplo, el alcance de las inundaciones en un área determinada y evaluar el riesgo para la funcionalidad de sistemas de infraestructura crítica (por ejemplo, energía, transporte, salud). Las autoridades públicas, por otro lado, pueden determinar el impacto potencial de los escenarios de marejadas o golpes de mar y su efecto en la infraestructura de defensa contra inundaciones.

RASOR permite a los gerentes usar escenarios reales en la definición de nuevas medidas de mitigación o prevención, e integrar datos nuevos, en tiempo real, en sus sistemas de operación durante las acciones de respuesta.

### SOPORTE

La interfaz web de RASOR está diseñada para realizar un análisis de impacto paso a paso de forma fácil. Dispone de un sistema de consulta fácil de usar que guía al usuario hacia la simulación de posibles impactos futuros, la construcción de escenarios de riesgo multi-amenaza y la evaluación de impacto.

➤ **Figura 4:** Muestra de interfaz web de RASOR



➤ **Fuente:** RASOR (Rapid Analysis and Spatialisation Of Risk) (180) (181)

## RASOR (Rapid Analysis and Spatialisation Of Risk) (180) (181)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

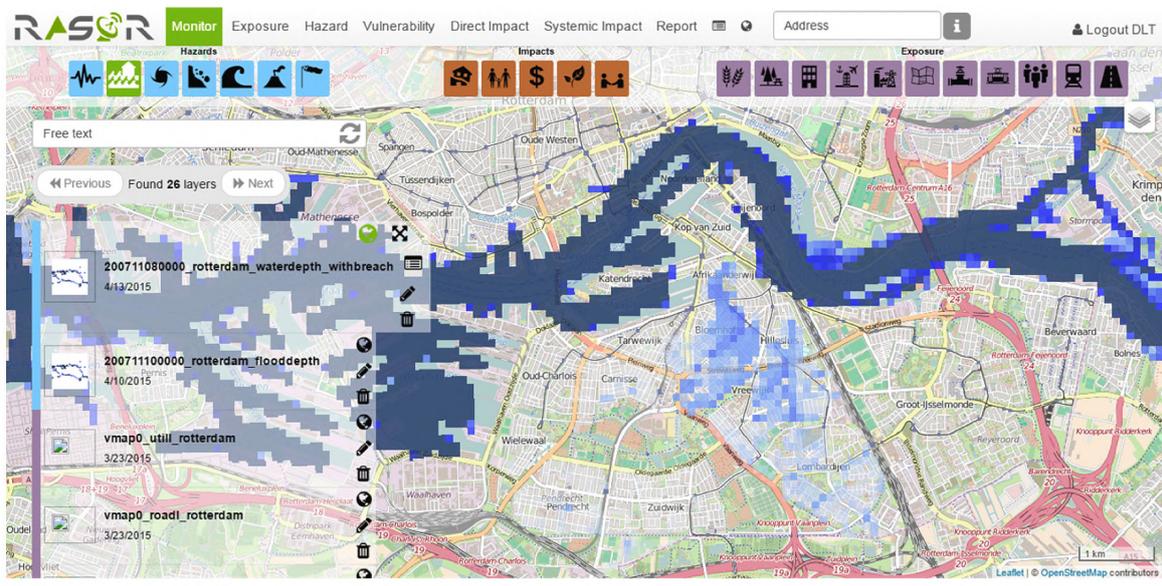
RASOR adapta el *TanDEM-X Digital Elevation Model* (DEM) de 12 m de resolución a aplicaciones de gestión de riesgos, usándolo como capa base para realizar consultas a conjuntos de datos y desarrollar escenarios de desastres específicos. RASOR superpone datos satelitales ópticos (*optical data*) y de radar (*SAR data*) de muy alta resolución archivados y casi en tiempo real, combinados con datos *in-situ* para aplicaciones globales y locales.

Trabaja con amenazas de inundación pluvial, fluvial y costera, huracanes, tormentas de viento, oleaje extremo, deslizamientos de tierra, terremotos, tsunamis, volcanes y hundimientos.

### RESULTADOS

Un ejemplo de la salida que proporciona el modelo, obtenido con un nivel máximo de agua de 4m en Hoak van Holland (aproximadamente T = 500 años):

➤ **Figura 5:** Ejemplo de salida del modelo



➤ **Fuente:** RASOR (Rapid Analysis and Spatialisation Of Risk) (180) (181)

La validación se lleva a cabo considerando cinco ubicaciones geográficas diferentes (Haití, Indonesia, Italia, Países Bajos y Grecia) con usuarios finales y profesionales, así como con organizaciones internacionales de tres mercados diferentes (Banco Mundial, para países en desarrollo y mercados globales; UNOSAT, para agencias de la ONU; Munich Re y RMS, para mercados de seguros; y agencias de la Comisión Europea, en temas de gestión de riesgos).

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- <http://www.rasor-project.eu/>
- Multi-hazard risk analysis using the FP7 RASOR Platform: [https://www.researchgate.net/publication/269631085\\_Multi-hazard\\_risk\\_analysis\\_using\\_the\\_FP7\\_RASOR\\_Platform](https://www.researchgate.net/publication/269631085_Multi-hazard_risk_analysis_using_the_FP7_RASOR_Platform)

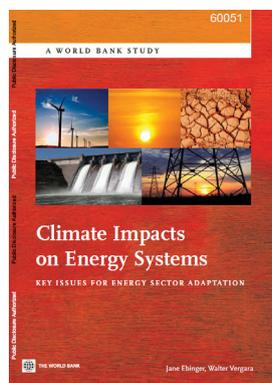
## 2.2 Por disciplinas transversales

A la hora de evaluar el riesgo climático de la infraestructura, existen algunos aspectos metodológicos de carácter transversal. Para evitar una extensión excesiva de la guía (y del presente documento) dichos aspectos han de ser abordados de manera unitaria e integral. En los apartados siguientes se analizan algunos de estos aspectos.

### 2.2.1 Energía

Los diferentes componentes que integran el sector energético se encuentran muy estrechamente interrelacionados entre sí. El objetivo del sistema en su conjunto es garantizar la cobertura de la demanda de energía a través de una red de suministro que une los centros productores con los consumidores. El efecto individual que el cambio climático y la variabilidad climática pueden tener en cada infraestructura de la red energética puede ser muy variable cuando las consecuencias son analizadas a nivel del conjunto del sistema. Por ejemplo, si como consecuencia de una amenaza climática una central de generación eléctrica pierde capacidad para producir energía, tal vez el impacto económico de esta situación no sea tan grave para la misma en términos económicos si la remuneración que obtiene por kWh que aporta al sistema se ve incrementada. Igualmente, si todas las centrales presentan esta tendencia a la reducción de la energía, para el conjunto del sistema garantizar el suministro a un costo razonable se puede convertir en un verdadero reto.

Estas interrelaciones son especialmente intensas entre los elementos de la cadena de suministro de electricidad (las centrales de generación, líneas de transmisión, puntos de demanda, etc.), entre los elementos de la cadena del petróleo, de la del gas, etc. pero también entre diferentes cadenas de suministro (por ejemplo, las centrales de ciclo combinado a gas natural serían una importante conexión entre la cadena de distribución de gas natural y la de electricidad). Por todo ello, a la hora de evaluar el posible impacto del cambio y la variabilidad climática diversas fuentes se centran en analizar el conjunto del sistema energético o al menos una parte integrada del mismo (por ejemplo, la cadena de suministro de combustibles fósiles, la de electricidad, etc.). A continuación, se indican algunas referencias que tienen este enfoque global o que se centran en la infraestructura energética que no es analizada de manera sectorial (hidroenergía, energía fotovoltaica y energía solar).

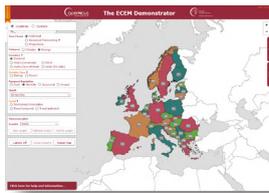


### Climate Impacts on Energy Systems Key Issues for Energy Sector Adaptation(182)

Estudio para el Banco Mundial que presenta una descripción general de cómo el cambio climático podría afectar el sector de la energía y qué opciones existen para su gestión. Se basa en la literatura científica disponible en el momento de su redacción. Incluye una discusión sobre el cambio climático observado y proyectado hasta 2100, la exploración de tendencias, extremos y regiones geográficas “hotspots” en las que se verán cambios significativos o variabilidad de los parámetros relevantes (por ejemplo, temperatura, escorrentía y ascenso del nivel del mar). A continuación, recopila la información disponible sobre el impacto de estos cambios en los recursos energéticos, la infraestructura, y el transporte y demanda e identifica las tecnologías y servicios más vulnerables y las brechas de información y conocimiento existentes. No llega a proponer una metodología concreta, pero sí una serie de acciones a corto plazo para fomentar el diálogo, proporcionar más información a los profesionales del sector, desagregar los impactos climáticos en los entornos regionales y locales y mejorar la base de conocimiento.

**Autor:** Ebinger, J. y Vergara, W.

**Fecha:** 2011



### European Climatic Energy Mixes (ECEM)(183)

Pese a no aportar datos para la región latinoamericana, cabe destacar el proyecto “*European Climatic Energy Mixes (ECEM)*” por su ambicioso objetivo de analizar el sistema energético en su conjunto. Esta prueba de concepto cuenta con un visor o “demostrador” que tiene el cometido de que la industria de la energía y los responsables de las políticas energéticas evalúen en qué medida la oferta de energía satisfará la demanda en Europa en diferentes horizontes de tiempo, centrándose en el papel que el clima tiene en la oferta y la demanda de energía.

**Autor:** Servicio de Cambio Climático de Copernicus (Copernicus Climate Change Service C3S)

**Fecha:** 2018

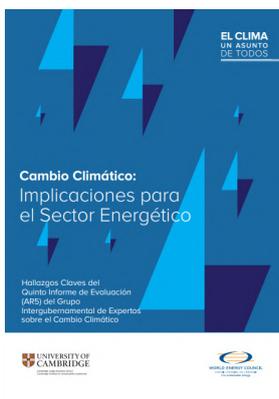


### CLIM4ENERGY(184)

Al igual que ECEM, Clim4Energy se encuentra de momento limitado al ámbito europeo, pero destaca por permitir la descarga y visualización de valores históricos y proyecciones de variables climáticas e indicadores de energía específicos para el sector hidroeléctrico (caudales), fotovoltaico (factor de capacidad), eólico (factor de capacidad), energías marinas (incremento del nivel del mar y altura significativa de la ola), demanda energética (estimada en función de grados días y otros modelos), etc. Es, por tanto, una fuente más aplicable al diseño y gestión de infraestructuras concretas, aunque la granularidad de los resultados (especialmente la resolución espacial) es ciertamente limitada.

**Autor:** Servicio de Cambio Climático de Copernicus (Copernicus Climate Change Service C3S)

**Fecha:** 2018

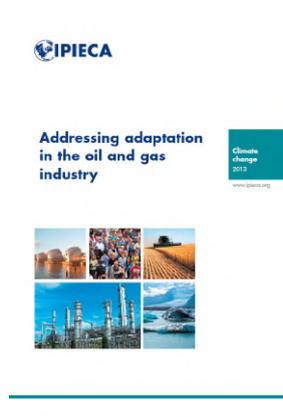


### Cambio Climático: Implicaciones para el Sector Energético(185)

Documento que sintetiza los principales hallazgos del Quinto informe de Evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Es un ejemplo de un conjunto de documentos que evalúan una batería de impactos climáticos de manera genérica y que pueden servir para realizar una evaluación muy preliminar del impacto del cambio climático sobre la infraestructura energética considerando la perspectiva del conjunto del sistema.

**Autor:** European Climate Foundation (ECF), el World Energy Council (Consejo Mundial de la Energía, WEC) y la Universidad de Cambridge

**Fecha:** Circa 2014



### Addressing adaptation in the oil and gas industry(186)

El impacto del cambio climático en el sector eléctrico ha sido estudiado más profusamente que en otros sectores como la cadena de distribución de hidrocarburos. Este documento examina la conciencia existente actualmente en la industria del petróleo y el gas sobre los riesgos relacionados con el cambio climático, identifica las respuestas más adecuadas para hacer frente a estas amenazas y evalúa las fórmulas a través de las que estas respuestas se están integrando en los marcos generales de gestión de riesgos. No estamos ante un documento con planteamiento metodológico, pero está estructurado para proporcionar una visión general del proceso de planificación de la adaptación, incluyendo:

- Ejemplos de riesgos climáticos identificados por la industria del petróleo y el gas.
- Un resumen de los procesos de evaluación de riesgos relacionados con impactos potenciales específicos,
- Ejemplos en uso de la gestión y adaptación de riesgos.

**Autor:** IPIECA

**Fecha:** 2016



### Estudio para determinar la vulnerabilidad y las opciones de adaptación del sector energético colombiano frente al cambio climático(187)

En el marco de sus procesos de adaptación al cambio climático y la redacción de sus respectivos planes de adaptación, las autoridades nacionales realizan diferentes análisis de vulnerabilidad y adaptación con carácter sectorial. El presente documento es un ejemplo de este tipo de informes. En el mismo se identifican y analizan medidas de adaptación para el sector energético (y minero) frente al cambio climático y la variabilidad climática. Este documento identifica los principales eventos meteorológicos y climáticos amenazantes observados y potenciales para el sector energético, aborda un análisis de la exposición y vulnerabilidad del sector eléctrico a los impactos de la variabilidad y el cambio climático considerando las amenazas actuales y futuras, y expone una serie de recomendaciones y medidas de adaptación. En otros países existen informes similares, que podrían ser de interés para una evaluación inicial del riesgo de la infraestructura energética.

**Autor:** Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

**Fecha:** 2013

A continuación, se describen los métodos y herramientas que se han considerado más relevantes junto con una explicación de las características y aspectos destacados de cada una de ellas.

## OPTGEN (*Stochastic Dual Dynamic Programing*)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Modelo	Planeamiento de la expansión	No disponible

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

El OPTGEN es un modelo computacional de planeamiento de la expansión que determina las decisiones de mínimo costo asociadas a la inversión, retiro y/o refuerzo de equipos de generación, transmisión de potencia y gasoductos.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

El modelo permite analizar de manera conjunta los siguientes aspectos:

- Estudios considerando horizontes de planificación a largo plazo;
- Etapas de inversión flexibles (anual, semestral, trimestral o mensual);
- Datos específicos de los proyectos: tipo de la decisión (opcional u obligatoria), tipo de la variable de decisión (entera o continua), fechas mínima y máxima para la entrada en operación etc.;
- Datos financieros de los proyectos: costo de inversión, cronogramas de desembolso, vida útil, tiempo de construcción etc.;
- Restricciones entre proyectos, por ejemplo, restricciones de exclusividad, asociación, precedencia, capacidad mínima o máxima;
- Restricciones sobre los sistemas, por ejemplo, energía o capacidad firme, utilizadas para reservas sistémicas, resultado de políticas energéticas;
- Restricciones ambientales, utilizadas en la representación de políticas para el desarrollo de planes de expansión más “limpios” en términos ambientales;
- Procedimientos heurísticos de optimización como las estrategias de solución de horizonte rodante y año horizonte;
- Análisis y refuerzo de planes de expansión definidos de forma completa o parcial por el usuario.

El modelo OPTGEN busca la optimización del balance entre los costos de inversión para la construcción de nuevos proyectos y el valor esperado de los costos operativos, obtenidos directamente del modelo SDDP comentado en el epígrafe anterior. Para la solución del problema de expansión, el modelo OPTGEN utiliza técnicas avanzadas de optimización en programación entera mixta y descomposición de Benders, de acuerdo con el siguiente esquema:

➤ **Figura 6:** Complementariedad de los modelos OPTGEN y SDDP para la definición de los escenarios de expansión del sistema hidroeléctrico



➤ Fuente: OPTGEN

## OPTGEN (*Stochastic Dual Dynamic Programing*)

### SOPORTE

Las características del sistema son:

- Interfaz gráfica para sistema operacional Windows
- Modelo integrado de visualización de resultados y generación de gráficos
- Archivos de entrada y salida en formato CSV que permiten su edición en Excel
- Se puede importar datos tanto del modelo Super Olade MODPIN como del SDDP, ambos desarrollados por PSR

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

El modelo tiene en cuenta la incertidumbre en los caudales, las restricciones de emisión de gases de efecto invernadero y las restricciones de capacidad mínima, de entre otros aspectos.

### RESULTADOS

El modelo OPTGEN puede producir un conjunto de archivos de salida predeterminados:

- Desembolsos de inversión
- Energía firme hidro
- Potencia firme hidro
- Energía firme térmica
- Energía firme renovable
- Potencia firme renovable
- Decisión de inversión
- Etc...

### REFERENCIAS DE INTERÉS

<https://www.psr-inc.com/software-es>

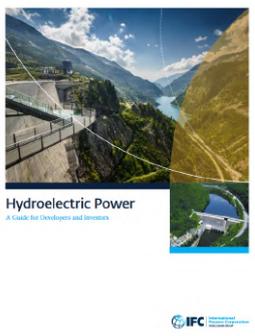
## 2.2.2 Hidrología

La hidrología es la disciplina que se encarga del análisis y cuantificación de los distintos flujos de agua que alimentan el ciclo hidrológico. Es el enlace entre las dinámicas climáticas y continentales, y por ello abarca un amplio rango de procesos y escalas que hacen complicado su análisis de forma independiente del problema al que se quiera aplicar. Son distintos tipos de fenómenos climáticos los que pueden forzar flujos hidrológicos que supongan una amenaza para las personas, la infraestructura y las actividades económicas, por lo que la cuantificación del riesgo hidrológico implica la consideración simultánea de distintas variables climáticas, lo que complica su análisis.

La evaluación de riesgos hidrológicos de forma holística aún forma parte de la actividad de investigación más académica, con algunos pocos ejemplos de aplicaciones prácticas como casos prototípicos, sin que estas metodologías hayan sido aceptadas como referencias del estado del arte. Por ello, el análisis de este sector transversal arroja una cantidad limitada de referencias, que además no son específicas de la hidrología, sino que guardan mucha relación con el sector hidroeléctrico entendido desde una perspectiva global que incluye factores ambientales y sociales.

Debido a esta limitación, durante el desarrollo en detalle de la metodología de análisis de riesgos climáticos, se hará referencia a multitud de estudios científicos que de forma individual conforman las piezas con las que armar una metodología completa de análisis de riesgos e impactos en el sector de la hidrología. Estas referencias, sin embargo, pueden resultar oscuras y farragosas para el técnico sin una vinculación constante con el proceso de investigación científica y es por ello por lo que no se incluyen entre las referencias de este apartado.

Entre las referencias incluidas a continuación cabe destacar la importancia de la consideración de efectos medioambientales en las evaluaciones de riesgo de proyectos con afectación a las dinámicas hidrológicas, especialmente las que terminan por afectar a dinámicas fluviales. El mantenimiento de caudales ecológicos y la modificación de las condiciones de diversos ecosistemas constituyen algunos de los retos más importantes en una adecuada evaluación de este tipo de actuaciones.



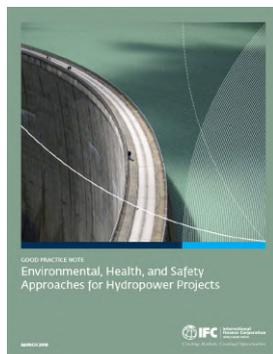
### Hydroelectric power. A guide for developers and investors. IFC – WBG (188)

Guía aplicable a la evaluación de proyectos hidroeléctricos con incertidumbre en las dimensiones hidrológica y geológica.

La guía desarrolla una serie de recomendaciones para el diseño de proyectos hidroeléctricos, entre los que cabe destacar aspectos relativos a la hidrología y la evaluación de curvas de caudales clasificados.

**Autor:** IFC - WBG

**Fecha:** 2015



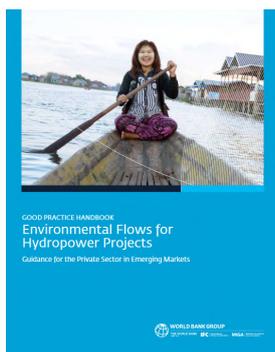
### Environmental, Health, and Safety approaches for Hydropower projects. IFC-WBG (189)

Guía aplicable a la evaluación de proyectos hidroeléctricos en los que las componentes ambiental y social cobren especial relevancia.

La guía estaba pensada para ser utilizada en conjunto con la anterior con el objeto de complementar la evaluación de los efectos sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad en el desarrollo de proyecto hidroeléctricos.

**Autor:** IFC-WBG

**Fecha:** 2018



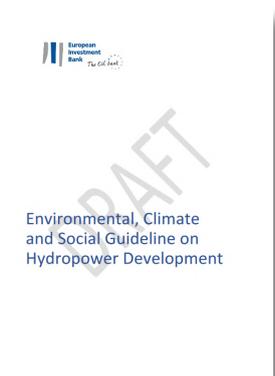
### Good practice Handbook. Environmental flow for hydropower projects. IFC-WBG (190)

Recomendaciones para el sector privado en mercados emergentes donde los requerimientos legales frente a los caudales ecológicos pueden no estar debidamente desarrollados.

El documento presenta la importancia del aspecto medioambiental de los flujos de agua y los efectos de las hidroeléctricas sobre dichos usos. Presenta un árbol de decisión para la evaluación de este tipo de flujos, que pueden ser útiles para otro tipo de actuaciones en el entorno fluvial.

**Autor:** IFC-WBG

**Fecha:** 2018



### Environmental, Climate, and Social guideline on Hydropower development

Guía para la evaluación de proyectos hidroeléctricos de nueva creación.

La guía discute alguna de las problemáticas más relevantes que la hidrología tiene en aspectos ambientales, climáticos y sociales. Incluye aspectos que cubran la totalidad de la cuenca, así como posibles aspectos de comunidades fronterizas. Cubre también la inclusión de efectos del cambio climático en la consideración de los flujos hidrológicos.

**Autor:** European Investment Bank

**Fecha:** 2018

A continuación, se describen los métodos y herramientas que se han considerado más relevantes junto con una explicación de las características y aspectos destacados de cada una de ellas.

## VIC (Variable Infiltration Capacity Macroscale Hydrologic Model)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Modelo	Hidrología de gran escala	1994

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

VIC (Liang et al., 1994) es un modelo hidrológico de macroescala que resuelve los balances completos de agua y energía, desarrollado originalmente por Xu Liang en la Universidad de Washington. VIC es un modelo de investigación y en sus diversas formas se ha aplicado a la mayoría de las principales cuencas hidrográficas de todo el mundo, así como a nivel mundial.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

VIC es un modelo hidrológico semi-distribuido de gran escala. Como tal, comparte muchas funcionalidades con los modelos de superficie terrestre (LSM por sus siglas en inglés) que normalmente se acoplan a los modelos de circulación general (GCM).

- La superficie terrestre se modela mediante una rejilla de celdas grandes (> 1 km), planas y uniformes.
- La heterogeneidad dentro de las celdas (elevación, cobertura vegetal, etc.) se introduce mediante distribuciones estadísticas
- Los insumos del modelo son las series temporales de las dinámicas climáticas (precipitación, temperatura, velocidad del viento, radiación solar, etc.) a escala diaria o inferior.
- El agua entra en las celdas tan solo a través de la atmósfera. La escorrentía superficial entre celdas es ignorada.
- Una vez que la escorrentía superficial alcanza un canal y se convierte en descarga fluvial tan solo viaja por la red fluvial.

Esta última característica hace que las distintas celdas de la malla VIC puedan ser simuladas de forma independiente unas de otras. El modelo de enrutado de caudal se aplica "a posteriori", permitiendo optimizar la elección tanto de este modelo como del modelo de sedimentos.

El modelo VIC permite subdividir cada celda de la malla de cálculo en un número arbitrario de teselas representando las distintas fracciones de usos del suelo contenidas en esa celda (bosques de coníferos, páramos, praderas, zonas urbanas, etc.) permitiendo representar de forma precisa la heterogeneidad dentro de cada celda.

El modelo VIC resuelve también el ciclo de la energía, de forma separada para el dosel de vegetación y la superficie. Considera además dentro de este ciclo las diferencias de comportamiento de la evaporación entre zonas vegetadas y zonas de suelo desnudo.

Al considerar tanto el ciclo del agua como el de la energía, el modelo VIC está especialmente indicado para analizar problemas hidrológicos donde la variabilidad del clima es un factor importante del análisis, tal y como es el caso de la región andina, con una variación interanual muy marcada de las variables climáticas.

La escorrentía y descarga fluvial generadas por el modelo VIC servirán para alimentar un modelo de erosión y transporte de sedimentos. El modelo resolverá la erosión, transporte, sedimentación y resuspensión del sedimento, permitiendo caracterizar las tasas de erosión y deposición en todo el dominio. La caracterización de la deposición será especialmente importante en los embalses de los aprovechamientos hidroeléctricos, ya que podría reducir la capacidad de producción de energía de estos y por tanto es un proceso que ha de ser evaluado en el marco del proyecto.

## VIC (Variable Infiltration Capacity Macroscale Hydrologic Model)

### SOPORTE

El modelo VIC se ha desarrollado para su uso en las plataformas LINUX y UNIX. Para usar VIC y / o el modelo de enrutamiento en una plataforma de Windows es necesario descargar un emulador de UNIX y ejecutar estos modelos dentro de este emulador.

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

El modelo resolverá la erosión, transporte, sedimentación y resuspensión del sedimento, permitiendo caracterizar las tasas de erosión y deposición en todo el dominio.

### RESULTADOS

El modelo VIC puede producir un conjunto de archivos de salida predeterminados, uno por celda de cuadrícula:

- El archivo de flujo contiene información sobre la humedad y los flujos de energía para cada paso de tiempo.
- El archivo de nieve contiene información sobre la capa de nieve, promediada en todas las bandas de elevación y las losetas de vegetación.
- El fichero de suelo congelado contiene los parámetros de salida térmica del suelo.
- El archivo de la banda de nieve contiene la salida del modelo de una celda de cuadrícula.
- El archivo del lago contiene información sobre la fracción del lago de cada celda de la cuadrícula.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

<https://vic.readthedocs.io/en/master/>

## 2.2.3 Inundaciones

Las Inundaciones constituyen uno de los mayores riesgos climáticos con unas afecciones más catastróficas especialmente en el ambiente urbano, y con una problemática especialmente comprometida en las zonas costeras. El análisis de inundaciones está altamente condicionado por la hidrología, y si bien es cierto que es la hidráulica la que domina los detalles del desarrollo de la amenaza, la caracterización de las dinámicas y entradas al modelo depende principalmente de las dinámicas hidrológicas.

La mayor parte de las referencias consultadas en el desarrollo de este estado del arte, hacen referencia a inundaciones en el ambiente urbano, que es dónde se materializan las condiciones más desfavorables del riesgo de inundación, debido a la alta densidad de población, infraestructura y actividades que se concentran. Las ciudades también suponen un caso arquetípico del análisis de inundaciones debido a que parte del riesgo surge de las propias dinámicas socio-económicas y su falta de alineación con los resultados del análisis de la amenaza.

Las referencias incluidas a continuación muestran un interés especialmente enfocado hacia el cambio climático, ya que las medidas de mitigación y adaptación pasan por cambios que no pueden ser más que graduales, toda vez que las infraestructuras y actividades ya establecidas deben amortizarse antes de poder renovarse, y debido también al hecho de que no resulta factible la redistribución de grandes poblaciones sin generar perjuicios mayores que los que se quieren resolver.

Las referencias citadas hacen especial hincapié en el análisis de medidas de adaptación y mitigación y en la manera en que ha de incorporarse la peligrosidad al análisis. En algunos casos faltan cierta definición de los detalles requeribles al modelado hidráulico para una correcta determinación de la amenaza de inundación. Estos requerimientos al modelado habrán de desarrollarse en la presente guía ya que tal y cómo puede apreciarse en la literatura científica, son estos detalles los que pueden terminar condicionando los pormenores de un análisis de riesgo de inundación.



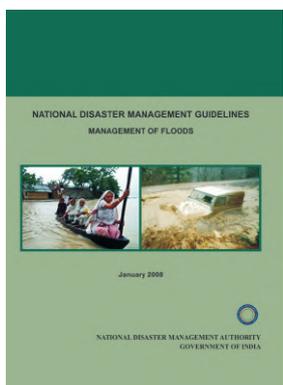
## Ciudades e Inundaciones: guía para la gestión integrada del riesgo de inundaciones en ciudades en el Siglo 21 (191)

De aplicación en ambiente urbano en transformación y bajo la influencia del cambio climático.

La Guía presenta el estado del arte en la gestión integrada del riesgo de inundación en ciudades. Está orientada a los tomadores de decisión, especialistas técnicos, funcionarios públicos y otros expertos del sector. Las ideas se ilustran con más de cincuenta casos de aplicación de todo el mundo.

**Autor:** Banco Mundial

**Fecha:** 2012



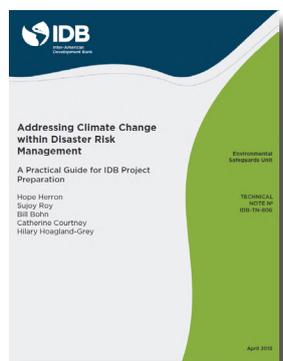
## National Disaster Management Guidelines. Management of floods (192)

Recomendaciones para el desarrollo de normativas y planes de prevención y mitigación del riesgo de inundación.

La guía está orientada a la minimización de la vulnerabilidad frente a inundaciones, reduciendo la pérdida de vidas, sistemas de subsistencia, propiedades, infraestructura y utilidades públicas. En él se realiza un análisis pormenorizado de la amenaza de inundación, considerando diversos elementos que pueden aparecer en el sistema hidráulico.

**Autor:** Gobierno Indio.

**Fecha:** 2008



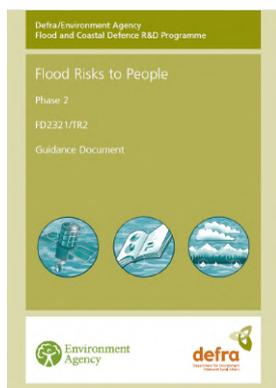
## Addressing Climate Change within Disaster Risk Management. A practical guide for IDB project preparation (193)

Guía para el análisis de riesgos derivados del cambio climático en Latinoamérica.

La guía presenta las principales amenazas derivadas del cambio climático, asociadas a distintas dinámicas. Describe también opciones de manejo del riesgo, así como algunas consideraciones sobre monitorización y evaluación de efectos y medidas.

**Autor:** Herron et al.

**Fecha:** 2015



## Flood risks to people (194)

El objetivo general del proyecto “*Risks to People*” fue desarrollar una metodología para evaluar y mapear el riesgo de muerte o daños graves a personas causadas por inundaciones. El proyecto consideró la muerte o daños graves a personas que ocurren como resultado directo de una inundación durante o hasta una semana después del evento.

Desde un punto de vista metodológico el planteamiento es interesante al permitir combinar datos calculados con modelación física de los fenómenos de inundación (como la altura de la inundación, etc.) con otros que son valorados en base a una escala cualitativa (tipología de la zona urbana inundada, etc.).

**Autor:** DEFRA

**Fecha:** Marzo 2006

## 2.2.4 Socioeconómico

Paralelamente al cambio climático existen una serie de tendencias sociales y económicas que han de ser tenidas en cuenta a la hora de determinar el diseño de la infraestructura.

Muy frecuentemente, los estudios de vulnerabilidad y riesgo climático evalúan la evolución previsible de las variables climáticas, pero obvian otras tendencias que condicionan la vulnerabilidad y sensibilidad del sistema estudiado, asumiendo que se mantendrán constantes en el tiempo. Ejemplos de estos planteamientos son análisis del previsible impacto de las olas de calor en las ciudades que asumen que serán más intensas en el futuro pero que consideran la estructura poblacional actual, o estudios de la previsible evolución de las variables hidrológicas en las que se asumen cambios en las precipitaciones, pero no en los usos del suelo de la cuenca asociados al crecimiento urbano, desarrollo agrícola, etc., aspectos que determinarán en gran medida las dinámicas de transferencia lluvia-caudal y la generación de sedimentos.

En contraposición, la práctica común en la planificación y diseño de infraestructura es considerar estas tendencias socioeconómicas, pero no el efecto del cambio climático. Las ciudades y barrios se suelen planificar considerando la población que deberán acoger en las próximas décadas, pero no el clima al que tendrán que hacer frente, las carreteras son diseñadas considerando el tráfico esperado en el futuro, pero no que las inundaciones y otras amenazas pueden ser más frecuentes entonces, etc.

En el presente documento se aboga de compatibilizar ambos planteamientos, y, a la hora de evaluar el riesgo climático de la infraestructura considerar de manera integrada tanto el efecto del cambio climático y la vulnerabilidad climática como de las dinámicas sociales y económicas que influyen. Es por tanto preciso considerar escenarios homogéneos tanto climáticos como socioeconómicos para las décadas futuras que incluyan para cada una de ellas la previsible evolución de los escenarios climáticos junto con proyecciones de las principales variables socioeconómicas que condicionan el proyecto.

Es imposible recopilar en este documento todas las referencias y metodologías disponibles, ya que, para generar las mismas o para considerarlas, cuanto más ajustadas a la escala local en la que se encuentra el proyecto, más adecuadas serán las mismas. No obstante, se aporta una serie de referencia generales que podrán servir a los lectores para conocer el marco general con el cual se realizan muchos de los estudios de análisis de riesgo climático.





## Rutas socioeconómicas compartidas (63)

Como se indica en la referencia anterior, el uso de escenarios RCP permite considerar posibles evoluciones del clima global, pero cada uno de ellos no implica necesariamente un determinado escenario socioeconómico. Por eso, existen unos escenarios socioeconómicos desarrollados específicamente para complementar a las RCP (195).

Las Vías Socioeconómicas Compartidas (más conocidas por su acrónimo en inglés, SSP) describen diferentes futuros alternativos de desarrollo socioeconómico y representan, a partir de una narrativa y de variables cuantitativas, cómo podría evolucionar el mundo en las décadas siguientes y qué desafíos suponen esos cambios para la mitigación y la adaptación. En combinación con las RCP, las SSP son un componente esencial del marco general que la comunidad científica emplea para abordar la investigación del cambio climático, facilitando el análisis integrado de los impactos futuros del clima, las vulnerabilidades, la adaptación y la mitigación. Las cinco rutas definidas para ello son:

- SSP1 - Sostenibilidad: fuerte disminución de la desigualdad, fuerte cooperación internacional y rápido desarrollo tecnológico. Los mercados son abiertos pero regulados ambientalmente eficientemente.
- SSP2 – Continuidad de la tendencia actual/ “mitad del camino”: continuidad de las trayectorias socioeconómicas actuales. La brecha entre las regiones de ingresos altos y bajos se cierra lentamente, y se logran algunos avances hacia el desarrollo global.
- SSP3 - Fragmentación: mundo fragmentado en pocos reductos de riqueza moderada, algunas áreas de riqueza extrema y la mayoría de los países luchando por mantener niveles de vida aceptables para las poblaciones en crecimiento. La política internacional está orientada a la seguridad.
- SSP4- Desigualdad / Mundo dividido: una élite rica y pequeña sigue siendo responsable de la mayoría de las emisiones, mientras que las poblaciones pobres masivas siguen siendo vulnerables a los impactos. El desarrollo económico general es modesto.
- SSP5 - Desarrollo convencional: El desarrollo convencional de combustibles fósiles se elige como la solución a los problemas sociales y económicos. Permite un rápido crecimiento en todo el mundo, pero es un desafío adaptarse a las políticas de mitigación.

La base de datos de las Rutas Socioeconómicas Compartidas (65) aporta las proyecciones cuantitativas y los documentos relativos a la metodología seguida para su elaboración. Las variables disponibles son: PIB, Población (global, masculina, femenina y rural), Energía (primaria y final), usos del suelo, emisiones, clima e indicadores sociales (precio del carbono y consumo). Todos se encuentran disponibles para la escala continental o regional, aunque algunos de estos indicadores también están disponibles a escala nacional.

A la hora de plantear escenarios RCP en combinación con escenarios SSP (o cualquier escenario socioeconómico), es interesante tener presente una cierta coherencia. Por ejemplo, un escenario SSP1 (sostenibilidad) es más improbable que realmente se presente en combinación con un escenario RCP 8.5. (elevadas concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera) que en un escenario RCP 2,6 (bajas concentraciones de GEI en la atmósfera).

**Autor:** IIASA

**Fecha:** 2017

## 2.2.5 Ecológico

El cambio climático y los eventos extremos generan impactos en los ecosistemas de muy diverso tipo (cambio en la distribución de especies, relaciones entre las mismas, fenología y comportamiento, etc.) Los proyectos de infraestructura se encuentran relacionados de un modo u otro con el medio ambiente que los rodea, por lo que estos impactos sobre los ecosistemas pueden generar impactos indirectos sobre la infraestructura (por ejemplo, en un clima más seco las posibilidades de que un incendio afecte a una infraestructura lineal que atraviesa un bosque se ven incrementadas) o imponer cambios en la operativa y gestión de la infraestructura (p.ej., en esta misma situación, puede ser necesario que los requisitos para controlar la potencial afección de una determinada infraestructura a la masa forestal se vean reforzados).

La consideración del cambio climático en el diseño y gestión de infraestructura es aún incipiente, pero mucho más incipiente es aún la consideración de estos impactos de tipo indirecto. En la revisión de la bibliografía realizada no se ha detectado ninguna referencia en la que se considere el efecto que el cambio climático puede imponer en los ecosistemas que determinan la operación de la infraestructura.

No por ello, deja de ser recomendable que, si una infraestructura depende de un servicio ecosistémico en gran medida, sean evaluados estos aspectos. Para los ecosistemas naturales, el análisis del desplazamiento del nicho ecológico es una técnica consolidada para evaluar la distribución de especies futuras a medida que el clima vaya evolucionando. Existen múltiples referencias de este tipo de estudios, pero, como se indica anteriormente, no se ha detectado ninguna que se vincule directamente a la planificación, diseño o gestión de infraestructura.

Un tipo de ecosistema que tiene un impacto directo en ciertas infraestructuras son los glaciares, que aportan una regulación de los ciclos hidrológicos que afecta directamente a centrales hidroeléctricas de alta montaña, etc. (196). Existen multitud de modelos para evaluar el impacto del cambio climático en el deshielo, en algunos casos acoplados a la simulación hidrológica de cuencas.



## 2.3 Por sectores

La metodología que se desarrollará en la guía tiene un componente marcadamente sectorial, por lo que parte de la misma será aplicable exclusivamente a ciertos sectores. A continuación, se expone el estado del arte en relación con cada uno de los 6 sectores estudiados: de energía solar (☀️); sector eólico (💨); sector hidroenergía (💧); sector de dotación de agua de consumo y riego (💧); sector vial (🛣️) y protección de áreas urbanas (🏠).

Es posible apreciar una gran disparidad entre la práctica común en cada uno de ellos. Si bien en sectores como el medio urbano, existen múltiples referencias, en otros, las referencias son prácticamente inexistentes, y en la actualidad su gestión y diseño se aborda desde una visión estacionaria del clima. Es por ello que la batería de referencias incluye desde metodologías plenamente definidas y herramientas que arrojan resultados cuantitativos hasta documentos con una aplicación limitada al ámbito científico.

### 2.3.1 Energía solar

El análisis de la bibliografía específica del sector solar ha permitido constatar como los análisis financieros que generalmente se desarrollan para evaluar las inversiones en energía fotovoltaica no consideran el cambio climático, sino que se basan en planteamientos basados en registros históricos donde se asume que todos los parámetros que influyen en estos sistemas serán constantes a lo largo de los próximos años.

En este sentido, el rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos depende, principalmente, de la cantidad de recurso solar disponible (es decir, la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la Tierra). Sin embargo, existen otros factores como la temperatura ambiente, el viento, la nieve o la deposición de polvo en los paneles fotovoltaicos, que también tienen un papel determinante y pueden afectar negativamente a la potencia de salida.

Entre la bibliografía consultada para el sector solar se han encontrado algunos artículos y documentos que proporcionan metodologías para la evaluación del impacto que podría tener el clima futuro en la eficiencia de los paneles y, por ende, la producción de energía. Entre dicha documentación no se ha detectado una metodología única y comúnmente aceptada ni herramientas como tal para la evaluación de riesgos y la adaptación de este sector.

A continuación, se listan las metodologías y guías consultadas, proporcionando asimismo un resumen de su contenido.



### The impact of climate change on photovoltaic power generation in Europe (74)

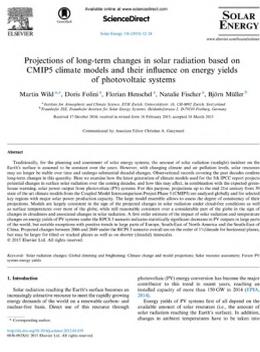
Este artículo evalúa los impactos del cambio climático en la energía solar fotovoltaica en Europa utilizando el reciente *ensemble* de proyecciones climáticas de alta resolución EURO-CORDEX (RCM (Cordex CMIP5)) junto con un modelo de producción de energía solar fotovoltaica y asumiendo un buen despliegue de fotovoltaica en Europa.

Los parámetros considerados incluyen radiación solar en la superficie en condiciones de todo el cielo, temperatura del aire cerca de la superficie y velocidad del viento.

Los resultados obtenidos indicaron una alteración del suministro de energía solar fotovoltaica en Europa en el rango (-14%; + 2%) para finales de siglo en comparación con las estimaciones realizadas en las condiciones climáticas actuales. Se observaron las mayores disminuciones en los países del norte. La estabilidad temporal de la generación de energía tampoco aparece tan fuertemente afectada en los escenarios climáticos futuros, incluso mostrando una ligera tendencia positiva en los países del sur. Concluye que, a pesar de las pequeñas disminuciones en la producción esperadas en algunas partes de Europa, es poco probable que el cambio climático amenace al sector fotovoltaico europeo.

**Autor:** Jerez, et al.

**Fecha:** 2015



## Projections of long-term changes in solar radiation based on CMIP5 climate models and their influence on energy yields of photovoltaic systems (197)

Artículo que examina cómo la última generación de modelos climáticos utilizados para el quinto informe del IPCC (GCM CMIP5) proyecta cambios potenciales para las próximas décadas en la radiación solar superficial, y cómo, en combinación con el calentamiento global esperado, esto puede afectar a la producción de energía fotovoltaica.

Los parámetros considerados incluyen radiación solar en la superficie en condiciones de todo el cielo, radiación solar en condiciones de cielo despejado, temperatura del aire cerca de la superficie y fracción de nubes total.

Tradicionalmente, para la planificación y evaluación de los sistemas de energía solar, se viene asumiendo que la radiación solar que incide sobre la superficie de la Tierra es constante a lo largo de los años. Sin embargo, los registros de observación de las últimas décadas constatan cambios sustanciales en los recursos solares a largo plazo. Estos pueden deberse a los cambios en los niveles de clima y de contaminación del aire, es posible que los recursos solares ya no sean estables con el tiempo y sufran cambios sustanciales.

Por tanto, la radiación solar superficial no debe ser considerada estable en las próximas décadas ya que las proyecciones previstas tendrán impacto en el rendimiento de la tecnología fotovoltaica. Una estimación de primer orden del impacto de la radiación solar y los cambios de temperatura en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos en el escenario RPC8.5 indica disminuciones estadísticamente significativas en la producción de energía fotovoltaica en grandes partes del mundo, con notables excepciones (tendencias positivas) en grandes partes de Europa, Sudeste de América del Norte y Sudeste de China.

**Autor:** Wild M., et al.

**Fecha:** 2015



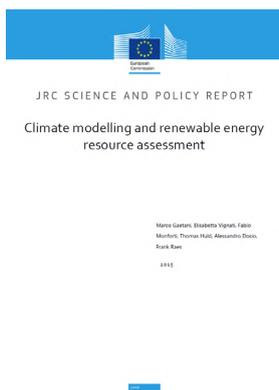
## Rethinking solar resource assessments in the context of global dimming and brightening (198)

Generalmente, la evaluación del recurso solar utiliza datos de radiación solar de observaciones anteriores para estimar el promedio anual de radiación solar durante el tiempo de vida esperado para un sistema de energía solar. Sin embargo, la radiación solar en la superficie de la Tierra no es estable a lo largo del tiempo, sino que experimenta variaciones significativas a largo plazo que no se están teniendo en cuenta en los cálculos.

Este estudio analiza las variaciones del recurso solar a largo plazo, a menudo denominadas "atenuación e iluminación global" y propone un cambio de paradigma: en lugar de usar el período más largo posible para calcular un valor promedio de la futura radiación solar, propone emplear solo los 10 últimos años.

**Autor:** Müller, et al.

**Fecha:** 2014



## Climate modelling and renewable energy resource assessment (199)

El objetivo de este trabajo es explorar la capacidad de los modelos climáticos para evaluar el potencial energético futuro de fuentes renovables. Específicamente, este estudio se centra en la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, dos fuentes renovables muy directamente relacionadas con las variables meteorológicas.

Utilizando un GCM para la escala global y un conjunto de modelos climáticos regionales (RCM) con una resolución más fina para Europa, analiza la respuesta de la energía fotovoltaica y eólica hasta mediados del siglo XXI (2030-2050), y compara diferentes escenarios de emisiones.

Considera que los modelos de cálculo de rendimiento fotovoltaico se verían mejorados con la inclusión del componente de irradiación difusa explícitamente computado en simulaciones de clima.

**Autor:** JRC. Gaetani et al.

**Fecha:** 2015



## The impact of climate change on wind and solar resources in southern Africa (200)

Este estudio presenta un método (basado en estudios anteriores) que estima el riesgo que supone el cambio climático en el potencial de los recursos eólico y solar.

La evaluación combina las proyecciones climáticas del Modelo de Sistemas Globales Integrados (*Integrated Global Systems Model - IGSM*), que considera las emisiones y la incertidumbre de la sensibilidad al clima global, con información climática más detallada, a nivel regional de 8 modelos GCM disponibles del Proyecto CMIP-3 (*Coupled Model Intercomparison Project phase 3*).

Se emplea como caso de estudio el África meridional.

**Autor:** Fant et al.

**Fecha:** 2016



## Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output (72)

Este artículo examina cómo los cambios proyectados en la temperatura y la insolación a lo largo del siglo XXI afectarán la producción de energía solar fotovoltaica y solar de concentración (CSP). Los datos climáticos proyectados se obtuvieron a partir de los modelos climáticos acoplados océano-atmósfera HadGEM1 y HadCM3 bajo el escenario IPCC SRES A1B, que describe un mundo futuro de rápido crecimiento económico con un uso equilibrado de la generación de energía de combustibles fósiles y renovables.

Los parámetros considerados incluyen nubosidad (fracción de cielo cubierto con nubes), insolación para la cobertura actual, insolación si no hubiera nubes presentes y temperatura.

Los cambios en la producción fotovoltaica y CSP se estudian más a fondo calculando las contribuciones de los cambios en la temperatura y la insolación. Para fotovoltaica hay una variación considerable en la contribución dependiendo de la ubicación. Para la CSP, la contribución de los cambios en la insolación es siempre dominante.

**Autor:** Julia A. Crook et al.

**Fecha:** 2011



## Weather-Corrected Performance Ratio (201)

Informe técnico que propone un método para considerar el clima en la evaluación del rendimiento de un sistema fotovoltaico a fin de eliminar el sesgo estacional asociado con las variaciones de temperatura.

Objetivos del informe:

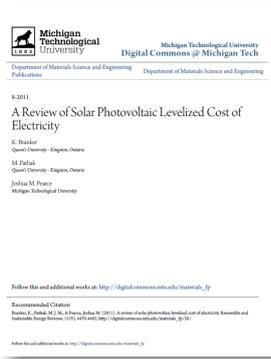
- Presentar la importancia de usar un PR-correctado por el clima ("weathercorrected" PR) como una métrica de eficiencia vinculante.
- Proponer un método para aplicar la corrección del clima a fin de eliminar el sesgo estacional asociado con las variaciones de temperatura.
- Definir un protocolo de prueba de muestra que pueda ser referenciado en los términos del contrato.

El rendimiento de un sistema fotovoltaico depende de la calidad del sistema y del clima. Para un sistema fotovoltaico de placa plana, su valor anual se estima por el producto de la insolación anual en el plano de las placas, su placa de características y el *Performance Ratio (PR)*. Este último, el *PR*, es un ratio de eficiencia que relaciona la electricidad generada y la electricidad que se habría generado si la planta convirtiera la luz solar en electricidad al nivel esperado por la placa de características del sistema. Se cuantifica de esta manera el efecto general de las pérdidas debidas a ineficiencias del inversor, cableado, desajuste de celdas, temperatura elevada del módulo fotovoltaico, reflexión desde la superficie frontal del módulo, suciedad, tiempo de inactividad del sistema, sombreado y fallos de componentes.

Dado que muchos de estos factores son indicadores de la calidad de construcción de los sistemas, esta métrica es popular entre algunas compañías y financiadores como prueba para la aceptación del contrato. Sin embargo, algunos de estos factores también dependen del clima. En particular, el clima afecta al PR al afectar a la temperatura del módulo.

**Autor:** Dierauf T., et al. NREL

**Fecha:** 2013-04



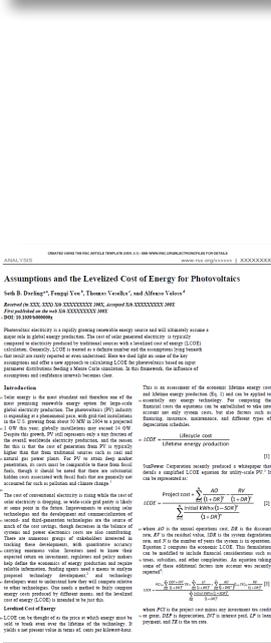
## A Review of Solar Photovoltaic Levelized Cost of Electricity

A medida que madura la energía solar fotovoltaica, cada vez se utiliza más el índice LCOE (*levelized cost of electricity*) para evaluar su viabilidad económica para poder compararlos con otras tecnologías de generación de electricidad. Este artículo revisa la metodología para calcular correctamente el LCOE para la energía solar fotovoltaica. Proporciona asimismo una plantilla para un mejor informe de los resultados obtenidos para el LCOE, necesario para orientar la toma de decisiones de inversión.

Se proporciona un ejemplo numérico con rangos variables que permiten evaluar la sensibilidad y extraer conclusiones sobre las variables más importantes.

**Autor:** Frank R. Bonker, K. et al.

**Fecha:** 2011



## Assumptions and the Levelized Cost of Energy for Photovoltaics

El presente artículo analiza algunas de las suposiciones clave en el cálculo del LCOE (*levelized cost of electricity*) y ofrece un nuevo enfoque para su cálculo para proyectos de energía fotovoltaica basado en distribuciones de parámetros de entrada que alimentan una simulación de Monte Carlo. En este marco, se aclara la influencia de los supuestos y los intervalos de confianza.

**Autor:** Darling et al.

**Fecha:** 2011



## Climate Change Impact on Photovoltaic Energy Output: The Case of Greece

Es esencial disponer de una información precisa sobre el clima para conocer las condiciones de producción de energía solar, maximizarla y regularla y para una planificación estable. Los impactos del cambio climático en las proyecciones de producción de energía son, por lo tanto, de importancia crucial.

Basado en un caso de estudio en Grecia, este estudio examina el efecto de los cambios proyectados en la irradiancia y la temperatura en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos. Se muestra cómo existe una dependencia lineal negativa del aumento de temperatura proyectado que es superado por el aumento esperado de la radiación total.

**Autor:** Panagea et al.

**Fecha:** 2014

### 2.3.2. Energía eólica

A futuro, se espera que algunos cambios asociados con la evolución del clima beneficien a la industria de la energía eólica, mientras que otros puedan tener un impacto negativo en su desarrollo. Estos impactos son sumamente locales y específicos de la ubicación del proyecto, siendo prioritario, para su evaluación, la consideración de los cambios en la magnitud del recurso eólico y en su distribución (vientos extremos y rachas) así como el análisis de los procesos de congelación.

Al igual que en el caso anterior, entre la bibliografía consultada para el sector eólico se ha encontrado información sobre metodologías para para la evaluación del impacto del clima futuro en la producción eólica, sin embargo, no se han detectado herramientas como tal para la evaluación de estos riesgos que merezcan ser presentados en un formato de ficha más extensa.

A continuación, se listan las metodologías y guías consultadas, proporcionando asimismo un resumen de su contenido.



#### Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States (202)

Estudio que evalúa la estimación del cambio climático empleando datos generados directamente por los GCM y los datos obtenidos mediante técnicas de *downscaling* estadístico. Así, se han investigado escenarios de los impactos del cambio climático en el potencial de generación eólica en una región del noroeste de los Estados Unidos que engloba los Estados de Idaho, Montana, Oregon, Washington y Wyoming.

**Autor:** David J. Sailor et al.

**Fecha:** 2008



#### Climate change impacts on wind energy: A review (87)

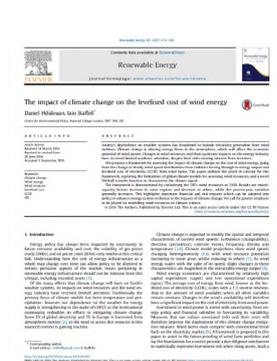
Este artículo revisa los posibles mecanismos por los cuales la variabilidad y el cambio del clima global pueden influir en el recurso de energía eólica y las condiciones operativas.

Se resumen algunas de las herramientas que se están empleando para cuantificar estos efectos y las fuentes de incertidumbre introducidas al hacer tales proyecciones.

Asimismo, se presentan algunos ejemplos ilustrativos de investigaciones del norte de Europa.

**Autor:** S.C. Pryor y R.J. Barthelmie

**Fecha:** 2010



#### The vulnerability of wind power to climate change in Brazil (203)

El presente artículo analiza algunos posibles impactos del cambio climático global en el potencial de producción eólico de Brasil, mediante la simulación de las condiciones de viento asociadas con los escenarios A2 y B2 del IPCC.

Para ello se ha empleado el modelo GCM HadCM3 y la información contenida en la base de datos eólica del país.

**Autor:** Andre´ Frossard Pereira de Lucena et al.

**Fecha:** 2010



### The impact of climate change on wind and solar resources in southern Africa (200)

Ya recogida en el capítulo anterior (ver apartado 2.3.1).



### The impact of climate change on the levelised cost of wind energy (62)

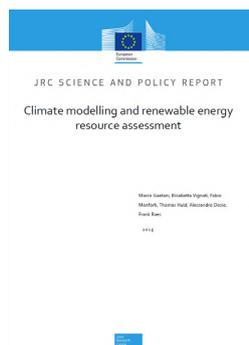
El presente trabajo propone un marco para evaluar el impacto del cambio climático en el costo de la energía eólica, que va desde el cambio en la distribución horaria de la velocidad del viento hasta la producción de energía y el costo normalizado de la electricidad (*LCOE- levelised cost of electricity*) (costo por unidad de energía generada) de los parques eólicos. Esto unifica la investigación a través de la meteorología, ingeniería, economía y política.

El documento describe la prueba de concepto para este marco, explorando las limitaciones de los modelos climáticos globales para evaluar los recursos eólicos, y una nueva función de transferencia de Weibull para caracterizar la señal climática.

Este marco se aplica a los recursos eólicos del Reino Unido a 2100.

**Autor:** Hdidouan y Staffell

**Fecha:** 2017



### Climate modelling and renewable energy resource assessment (199)

Ya recogida en el capítulo anterior (ver apartado 2.3.1)



## Climate Change Impacts on Oklahoma Wind Resources: Potential Energy Output Changes

Existe una extensa literatura sobre modelos de cambio climático apunta a futuros cambios en los climas eólicos. Las proyecciones indican ciertas tendencias a incremento de recursos eólicos algunas áreas y reducción en otras. Este trabajo analiza las implicaciones de estos cambios en Oklahoma en base a escenarios del IPCC, ofreciendo una metodología para estimar los cambios en la generación de energía eólica. Los resultados obtenidos confirman que los inversores no deben confiar solo en estudios eólicos del escenario actual para caracterizar adecuadamente la productividad futura.

**Autor:** Stephen Stadler et al.

**Fecha:** 2015



## Assessing climate change impacts on European wind energy from ENSEMBLES high-resolution climate projections

Este estudio evalúa los cambios a futuro en el potencial de generación de energía eólica en Europa y en la producción efectiva de energía eólica de ciertos parques eólicos que están en operación y en los que están planificados para 2020. En este sentido, ofrece un modelo simplificado para la estimación de la generación de energía eólica que se aplica a un conjunto de 15 proyecciones climáticas regionales obtenidas a partir de 10 modelos climáticos regionales que reducen la escala de seis modelos climáticos globales en el escenario de emisiones SRES A1B del proyecto ENSEMBLES.

**Autor:** Isabelle Tobin et al.

**Fecha:** 2015



## Proyecto de diseño, construcción y explotación de un parque eólico

Se trata de un proyecto de Fin de Carrera en el que detalla el proceso a seguir y los parámetros a considerar en el diseño, construcción y explotación de un parque eólico (selección del emplazamiento del parque eólico a partir de datos de viento de la zona, evaluación de los tipos de aerogeneradores para el emplazamiento seleccionado, selección del aerogenerador más adecuado teniendo en cuenta las características técnicas de las máquinas, ejecución minimizando los impactos ambientales de acuerdo a lo establecido en el Estudio de Impacto Ambiental correspondiente, estudio de la rentabilidad del proyecto, etc.).

**Autor:** Nieves Álvarez Marivela

**Fecha:** 2009



## Transforming climate model output to forecasts of wind power production: how much resolution is enough?

Proporciona información sobre cómo se elaboró un modelo que relaciona las condiciones climáticas promedio con la producción de energía eólica promedio, basado en la relación entre la velocidad instantánea del viento y la producción de energía e incorporando fluctuaciones en la densidad del aire debido a la variabilidad de la temperatura y la velocidad del viento.

Se utilizó la potencia promedio mensual observada de las estaciones del Reino Unido para validar el modelo e investigar la resolución temporal óptima de los datos utilizados para impulsar el modelo. Se realizaron múltiples simulaciones de la energía eólica en base a los datos de reanálisis, haciendo simulaciones separadas basadas en promedios mensuales, diarios y sub-diarios, utilizando una distribución definida por la media en todo el período para incorporar información sobre la variabilidad.

Como resultados:

- Resultó subóptimo basar la simulación solo en promedios mensuales. El uso de datos diarios de viento promedio proporciona la mayor correlación frente a las observaciones. Por tanto, para transformar los pronósticos estacionales en energía eólica se debe hacer un compromiso entre el uso de los promedios diarios y los promedios mensuales, más fáciles de predecir, perdiendo información sobre la variabilidad diaria.
- No se obtuvo mejora por la utilización de promedios sub-diarios o incluyendo la variabilidad de la temperatura.

**Autor:** Dave MacLeod et al.

**Fecha:** 2018



## Analyses of possible changes in intense and extreme wind speeds over Northern Europe under climate change scenarios

Este informe proporciona criterios a la hora de determinar los vientos extremos y su evolución en escenarios de cambio climático y muestra la forma en que pueden afectar a la tecnología eólica.

**Autor:** Sara C Pryor et al.

**Fecha:** 2012



## Review on the Projections of Future Storminess over the North Atlantic European Region

Proporciona una visión general sobre la forma de cuantificar las tormentas en condiciones climáticas futuras. Muestra un resumen de los resultados de estudios de modelos climáticos ya publicados que informan sobre las proyecciones de tormenta en la región europea del Atlántico Norte (NAER) en el período 2020–2190. Proporciona información sobre el futuro desarrollo de las tormentas para emplear en los procesos de gestión estratégica y la toma de decisiones en los sectores ecológicos y socioeconómicos expuestos.

**Autor:** Mölter, T. et al.

**Fecha:** 2016

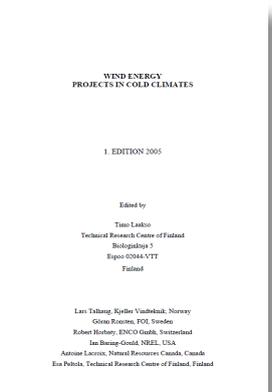


## Analyses of possible changes in intense and extreme wind speeds over northern Europe under climate change scenarios

Este informe aborda la necesidad de mejorar la cuantificación de cómo los cambios en el clima global se han manifestado a nivel regional y cómo los cambios futuros pueden manifestarse a escala regional / local. Una de las principales preocupaciones con respecto a la evolución del clima se centra en los eventos extremos y, en concreto en este estudio, los eventos de viento intenso. Muestra como el desarrollo de herramientas adecuadas de proyección climática para abordar cuestiones relacionadas con eventos extremos representa un desafío importante para la física del modelo y las parametrizaciones y llevan asociada incertidumbres mayores.

**Autor:** S. C. Pryor et al.

**Fecha:** 2010



## Wind Energy Projects in Cold Climates

Este informe proporciona recomendaciones para el diseño de parques eólicos en climas fríos, con el objetivo de reducir los riesgos inherentes a los proyectos implementados en este tipo de clima. Aborda muchos problemas especiales que deben considerarse durante la vida útil de este tipo de proyecto y se enfatiza la importancia de las mediciones del sitio, el diseño del proyecto y la operación del sistema.

**Autor:** Lars Talhaug et al.

**Fecha:** 2005



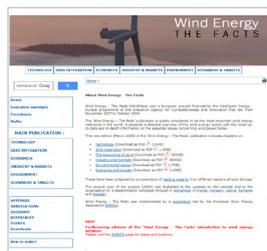
## Development of a methodology for wind energy estimation and wind park design

Este estudio presenta una metodología completa para el diseño de parques eólicos y la selección de su ubicación. Abarca todos los aspectos del desarrollo de estos proyectos y el análisis de prefactibilidad.

La principal contribución de este documento es evaluar la precisión que proporciona esta metodología para la predicción de la producción de energía anual futura de proyectos eólicos. Finalmente, el documento analiza las perspectivas de mejora de los parques eólicos para poder hacer un mayor aprovechamiento del recurso eólico local.

**Autor:** Mohamed Abbas et al.

**Fecha:** 2014



### Web Page: Wind Energy - The Facts

Presenta una descripción detallada del sector de la energía eólica, con la información más actualizada y detallada sobre los temas esenciales del sector, incluyendo capítulos sobre:

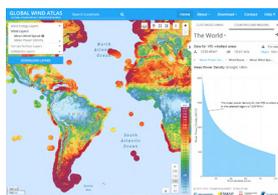
- Tecnología
- Integración en red
- La economía del viento
- Industria y mercados
- Cuestiones ambientales
- Escenarios y objetivos

*Wind Energy - The Facts (WindFacts)* fue un proyecto europeo financiado por el programa *Intelligent Energy-Europe* de la Agencia para la Competitividad e Innovación (*Executive Agency for Competitiveness and Innovation*) llevado a cabo desde noviembre de 2007 hasta octubre de 2009.

*Wind Energy - The Facts* es considerada como una referencia esencial en el mundo de energía eólica.

#### Main project contact:

Dorina Iuga-Project Manager. European Wind Energy Association. Web: <http://www.ewea.org>



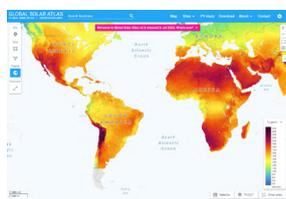
### Global Wind Atlas

Este atlas es una aplicación web gratuita desarrollada para ayudar a los formuladores de políticas e inversores a identificar posibles áreas con fuertes vientos para la generación de energía eólica prácticamente en cualquier parte del mundo, así como realizar cálculos preliminares acerca del rendimiento de esta fuente de energía.

Esta herramienta facilita las consultas en línea y proporciona conjuntos de datos de descarga gratuita basados en datos registrados y metodologías de modelado. En la sección de descargas, los usuarios también pueden descargar mapas de alta resolución que muestran el potencial de recursos eólicos globales, regionales y nacionales.

**Autores/promotores:** Technical University of Denmark

**Fecha:** 2019 (última vez que ha sido consultado)



### Global Solar Atlas

El objetivo principal del Global Solar Atlas es proporcionar un acceso rápido y fácil a datos acerca de los recursos solares a nivel mundial. Permite consultar capas GIS y mapas que muestran el potencial de recursos globales, regionales y nacionales. Estos datos pueden ser descargados. El Atlas proporciona promedios a largo plazo del recurso solar (global, difuso y directo normal) y los principales fenómenos climáticos que determinan la generación de energía solar: irradiación horizontal global (GHI), irradiación inclinada global (GTI), irradiación normal directa (DNI), temperatura del aire (TEMP), elevación del terreno en relación con el nivel del mar (ELE), etc. El algoritmo de simulación de electricidad fotovoltaica, incorporado en el Atlas, proporciona una estimación aproximada de la energía fotovoltaica potencial (PVOUT), que puede producirse en cualquier ubicación cubierta por el mapa interactivo.

**Autores/promotores:** Solargis

**Fecha:** 2019 (última vez que ha sido consultado)

### 2.3.3 Hidroenergía

El sector hidroeléctrico es uno de los más susceptible de verse afectado por el cambio climático. La operación de las plantas se podrá ver alterado por eventos como inundaciones o sequías que alterarán la erosión y sedimentación de los ríos, pudiendo modificar los patrones de demanda energética y la presión sobre los recursos hídricos por modificaciones en los patrones de demanda hídrica para la agricultura.

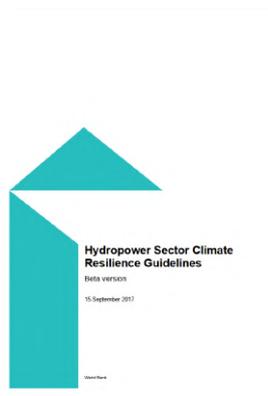
El estudio del riesgo climático en la generación hidroeléctrica requiere de la consideración de un amplio abanico de factores que podrían agruparse en:

- La cuenca hidrográfica (caudal, sedimentos, usos del suelo, gestión integrada de cuencas, etc.)
- La central hidroeléctrica (colmatación de embalses, desgaste de turbinas, O&M, etc.)
- El sistema eléctrico nacional (demanda, requisitos, retribución, etc.)
- La sociedad (demanda global, influencia que tienen los usos del suelo, requerimientos de agua, desarrollo económico y social, etc.)

La mayor parte de los estudios que se han realizado hasta el momento, consideran fijos gran parte de estos factores descritos, analizando la relación entre los diferentes componentes en la situación actual (p.ej. relación lluvia-caudal, energía entregada-valor de la misma, etc.), asumiendo que estas relaciones se mantendrán en el futuro. No obstante, este planteamiento podría ser una simplificación excesiva, especialmente en el momento en el que el objetivo de los trabajos de análisis del riesgo climático sea la definición de medidas de adaptación, que pueden plantearse en cada uno de los componentes del sistema.

La diversa bibliografía consultada muestra algunos artículos y documentos que proporcionan metodologías para para la evaluación del impacto que podría tener el clima futuro en el sector, aunque no se ha detectado ninguna herramienta específica para la evaluación de riesgos y la adaptación de este sector.

A continuación, se listan las metodologías y guías consultadas, proporcionando asimismo un resumen de su contenido.



#### Hydropower Sector Climate Resilience Guidelines (204)

Se trata de un extracto del informe *Climate resilience guidelines for the hydropower sector* (capítulo 3) aún no publicado por World Bank.

Ofrece unas directrices que tratan de establecer un proceso claro basado en el DTF (*Decision Tree Framework*) del Banco Mundial. Introduce mejoras sobre este al incluir la evaluación y adaptación al cambio climático, los desastres naturales inducidos por el clima y la implementación de medidas de resiliencia mediante la planificación, diseño, construcción y operación de proyectos hidroeléctricos.

Proporciona orientación a través de una serie de pasos que guían al lector dentro de cada una de las seis fases en que divide el proceso.

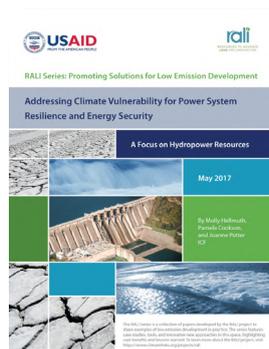
Para garantizar que las pautas dadas sean prácticas para los profesionales del sector, este proceso se ha adaptado e integrado con las fases de los procesos de ingeniería tradicional y EIAS (*Environmental and Social Impact Assessment*).

Para cada DTF se muestran recomendaciones basadas en buenas prácticas orientadas, principalmente, a nuevos desarrollos hidroeléctricos.

Como material de apoyo, proporciona una serie de diagramas de flujo del proceso a seguir, así como listas de comprobación (*checklist*) y una lista de lecturas adicionales recomendadas.

**Autor:** World Bank

**Fecha:** 2017



### Addressing Climate Vulnerability for Power System Resilience and Energy Security: A Focus on Hydropower Resources (205)

Guía de USAID y RALI para la promoción de soluciones de desarrollo con bajas emisiones.

Su objetivo es informar a planificadores e inversores energéticos sobre cómo el cambio climático puede afectar los recursos de generación de energía (en particular, los recursos hidroeléctricos) y sobre cómo abordar los riesgos del cambio climático, tanto a nivel de proyecto como de sector, para mejorar la resiliencia de los sistemas energéticos y mejorar la seguridad energética.

**Autor:** USAID y RALI

**Fecha:** 2017



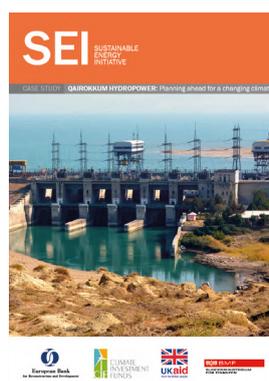
### Adaptación al Cambio Climático y Gestión de Riesgos (206)

Estrategia que busca la mejora del compromiso por los recursos hídricos en América Latina y el Caribe. Realizada para la preparación del 7° Foro Mundial del Agua (FMA7-Korea, 2015).

Además de servir como guía para la planificación de objetivos dentro del FMA7, este documento puede ser utilizado como insumo para las estrategias nacionales y otros documentos sectoriales.

**Autor:** CAF

**Fecha:** 2015



### Qairokkum Hydropower: Planning ahead for a changing climate (207)

La central de Qairokkum, construida a principios de la década de los 50, es la única instalación de generación de energía importante en el norte de Tayikistán, dando suministro eléctrico a 500 000 hogares.

Llegado el fin de la vida útil de la mayoría de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de la planta, este estudio realiza un análisis de cómo incorporar consideraciones sobre el cambio climático su rehabilitación y, en general, en las inversiones en infraestructura crítica.

**Autor:** EBRD

**Fecha:** 2014



## The Impact of Climate Change on the Generation of Hydroelectric Power—A Case Study in Southern Spain (208)

Este estudio analiza el impacto a largo plazo de los cambios en la precipitación y la disponibilidad de agua en la producción hidroeléctrica a través de tres centrales en el sur de España que combinan datos y proyecciones climatológicas, técnicas y económicas. Para ello se diseñó un modelo físico que reproduce las operaciones de las plantas e incorpora varios escenarios de evolución de las contribuciones a la cuenca. También se llevó a cabo un análisis de la inversión para analizar si el cambio climático puede poner en peligro futuras inversiones en instalaciones similares.

**Autor:** Kepa Solaun y Emilio Cerdá

**Fecha:** 2017



## Multidimensional Stress Test for Hydropower Investments Facing Climate, Geophysical and Financial Uncertainty(59)

Este documento expone un enfoque para la evaluación general de la resiliencia de los proyectos hidroeléctricos ante la incertidumbre en el clima y otros factores de riesgo (por ejemplo, riesgos financieros, naturales). El proceso utiliza un marco analítico de decisión basado en un enfoque de escalado de decisión, que combina análisis de escenario neutral y evaluación de probabilidad específica de vulnerabilidad. El proceso de evaluación técnica implica la identificación de los objetivos del proyecto, la especificación de factores inciertos, el análisis de sensibilidad multidimensional y la extracción de datos para identificar escenarios específicos de vulnerabilidad y estimaciones de riesgo específicas de vulnerabilidad. El proceso se ejemplifica con la aplicación a una instalación hidroeléctrica propuesta en el río Arun en Nepal. Los hallazgos de este estudio de caso suponen un ejemplo en el que el cambio climático no es la incertidumbre crítica del futuro y, por consiguiente, resaltan la importancia de considerar la combinación de múltiples incertidumbres.

**Autor:** Patrick A. Ray et al.

**Fecha:** 2018

A continuación, se describen los métodos y herramientas que se han considerado más relevantes junto con una explicación de las características y aspectos destacados de cada una de ellas.

### SDDP (*Stochastic Dual Dynamic Programing*)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Modelo	Despacho hidrotérmico	Periódicamente actualizado

#### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

SDDP (Stochastic Dual Dynamic Programing) es un modelo de despacho hidrotérmico con representación de la red de transmisión y utilizado en los estudios operativos de corto, mediano y largo plazos.

#### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

El modelo SDDP se viene utilizando desde hace años en estudios de evaluación de interconexiones internacionales y análisis de nuevos proyectos hidroeléctricos. Debido al uso del modelo en la planificación, se puede conseguir una mayor integración entre la metodología del proyecto y la práctica real a la hora de planificar los sistemas energéticos en la región, facilitando la replicabilidad de la metodología.

El modelo calcula la política operativa estocástica de mínimo costo de un sistema hidrotérmico teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Detalles operativos de las plantas hidroeléctricas (representación individualizada, balance hídrico, límites de turbinado y almacenamiento, volúmenes de seguridad, vertimiento, filtración, etc.);
- Detalles de las plantas térmicas (“*commitment*”, restricciones de generación debidas a contratos “*take or pay*”, curvas de eficiencia cóncavas y convexas, restricciones de consumo de gas, térmicas bi-combustible, etc.);
- Representación de los mercados “*spot*” y de los contratos de suministro;
- Incertidumbre hidrológica: es posible utilizar modelos estocásticos de caudales que representan las características hidrológicas del sistema (estacionalidad, dependencia temporal y espacial, sequías severas etc.) y el efecto de fenómenos climáticos específicos como por ejemplo el de El Niño;
- Detalles del sistema de transmisión: leyes de Kirchoff, límites de flujo de potencia en cada circuito, pérdidas, restricciones de seguridad, límites de exportación e importación por área eléctrica, etc.;
- Variación de la demanda por escalones y por barra del sistema, con etapas mensuales o semanales (estudios de mediano o largo plazo) o a nivel horario (estudios de corto plazo);
- Restricciones de suministro (“*commodity*” y transporte) del gas natural.

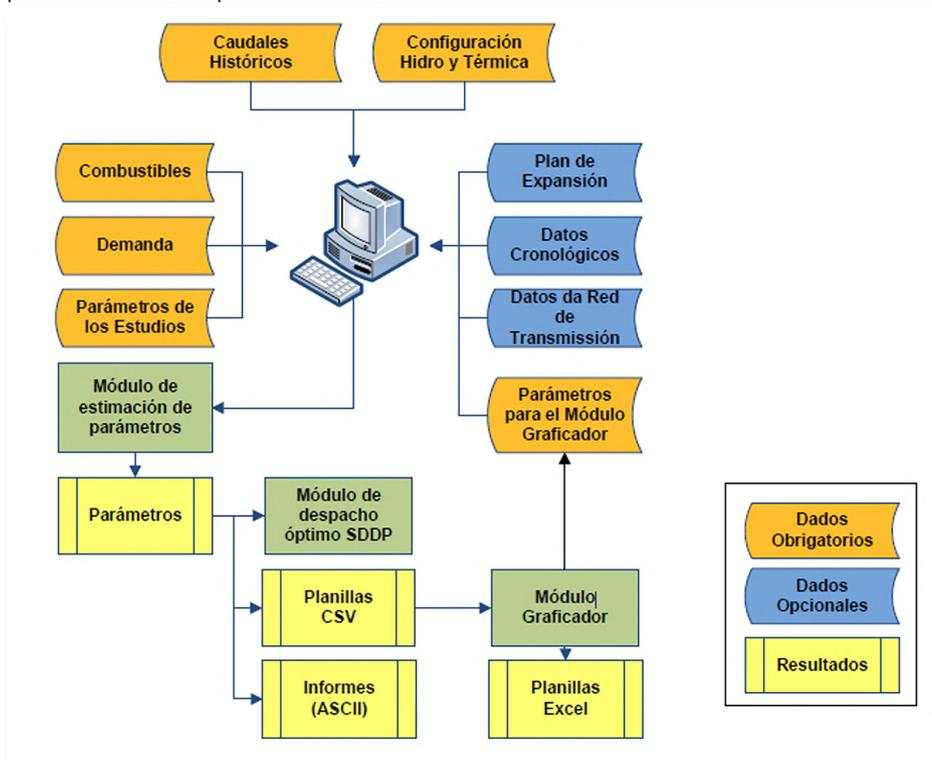
El objetivo del despacho hidrotérmico es determinar la secuencia de aprovechamiento de los recursos por parte de las plantas hidroeléctricas que minimice el valor esperado del costo operativo total (dado por el costo de combustible más las penalizaciones por racionamiento) a lo largo del período de estudio.

Como muestra la figura siguiente, este problema se puede representar como un árbol de decisiones, donde el operador del sistema energético tiene las opciones de usar la energía hidroeléctrica hoy, y con esto reducir los costos de la energía térmica complementaria, o de almacenarla para usarla en la próxima etapa. Si la decisión hoy es utilizar la energía de base hidroeléctrica y en el futuro los caudales son altos – lo que permite llenar los embalses – la operación se puede considerar acertada. Sin embargo, si ocurre una sequía en el futuro, los embalses no se recuperarán, y será necesario utilizar generación térmica más cara, o hasta incluso interrumpir el suministro de la demanda.

## SDDP (Stochastic Dual Dynamic Programing)

La siguiente figura representa el flujo de ejecución de las actividades de planificación operativa, los principales datos de entrada y los enlaces entre los módulos del sistema SDDP.

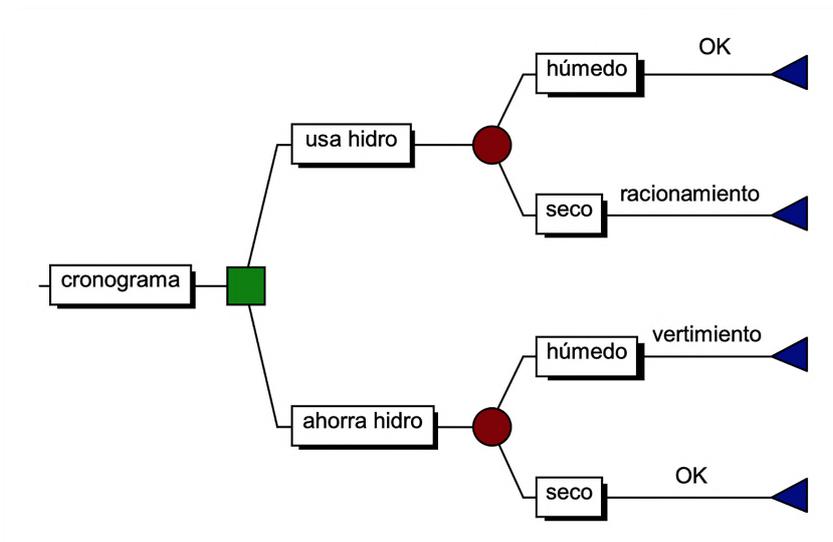
➤ **Figura 8:** Representación de la operativa SDDP



➤ **Fuente:** SDDP

Por otro lado, si la decisión de hoy es almacenar el agua para uso futuro a través del uso de más generación térmica, y los caudales futuros son altos será necesario verter el agua, lo que significa un desperdicio de energía. Sin embargo, si ocurre una sequía en el futuro, el almacenamiento se usará para evitar la generación más cara o un racionamiento de energía.

➤ **Figura 9:** Ejemplo de árbol de decisión en el que se basa la operativa del modelo SDDP

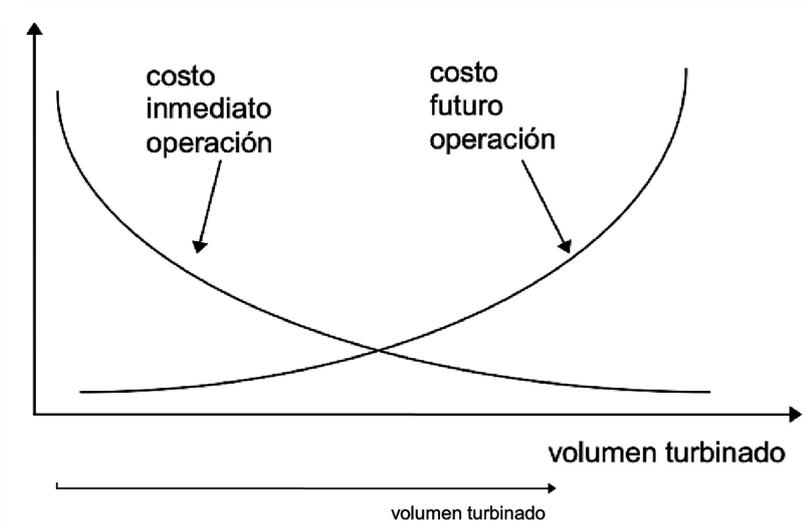


➤ **Fuente:** SDDP

### SDDP (*Stochastic Dual Dynamic Programing*)

Por lo tanto, el problema de despacho se descompone en varios subproblemas de una etapa, donde el objetivo es minimizar la suma de los costos operativos inmediatos y futuros.

➤ **Figura 10:** Costos inmediatos y futuros en función del volumen turbinado



➤ **Fuente:** SDDP

La función de costo inmediato (FCI) corresponde a la función de complementación térmica (costos de combustible). Se observa en la figura que el monto (y costo) de esta complementación térmica disminuye con el aumento del volumen turbinado. A su vez, la función de costo futuro (FCF) refleja el valor esperado del costo de la generación térmica de la etapa  $t+1$  hasta el final del periodo de estudio. Se observa que la FCF aumenta con el aumento del volumen turbinado, pues menos energía hidroeléctrica estará disponible en el futuro para desplazar la generación térmica.

Para evaluar los efectos del cambio climático, es preciso realizar ciertas consideraciones que permiten compatibilizar el modelo SDDP - basado en la hipótesis de estacionariedad de caudales durante un periodo determinado - con los escenarios de cambio climático generados por los modelos climáticos (GCM y RCM), que generalmente plantean una evolución continuada de las variables climáticas durante todo el siglo XXI.

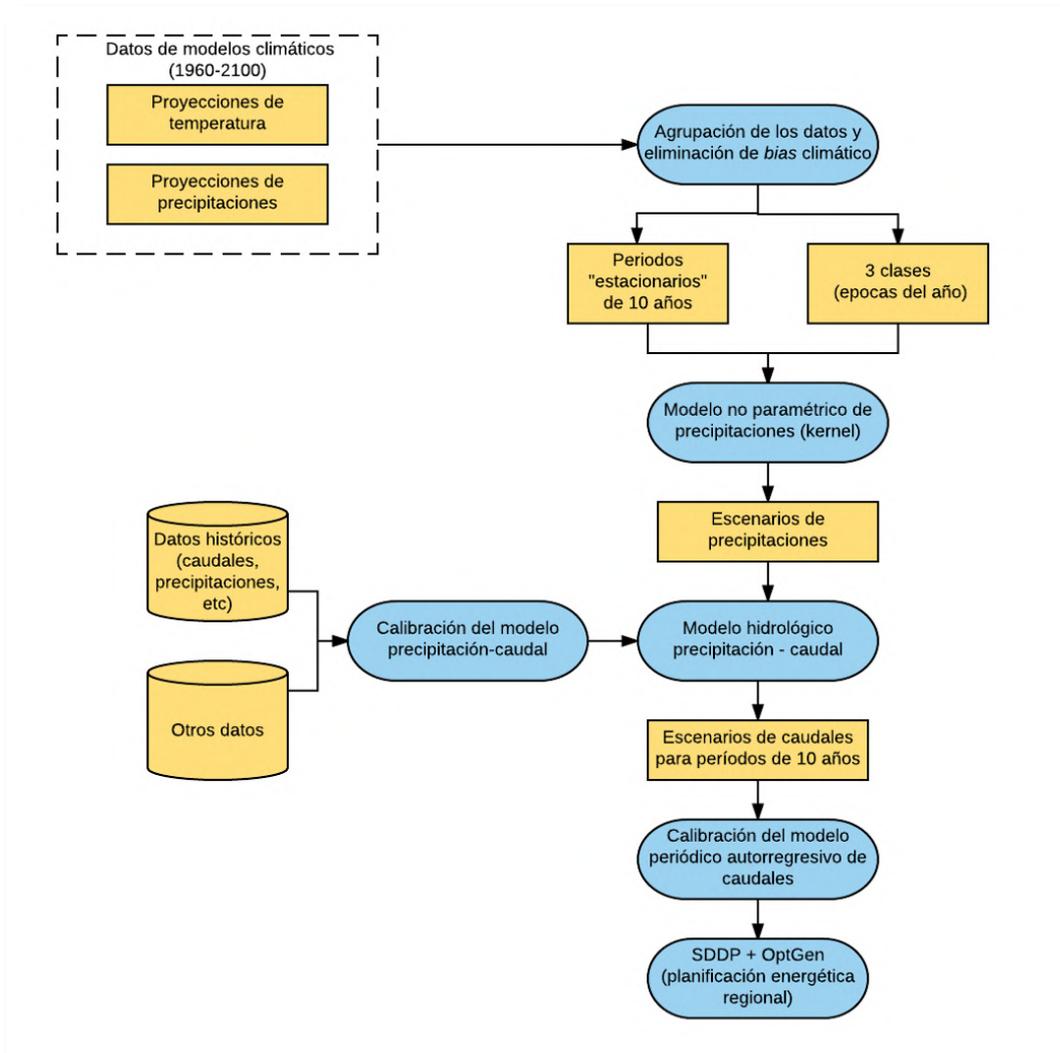
Para ello se segmentará la serie de proyección de temperatura y precipitación resultante de los modelos de circulación atmosférica (en sus distintos niveles de resolución espacial) en periodos de 10 años considerados estacionarios. Partiendo de una organización espacial adecuada, para cada año las referidas series se agrupan en tres clases (periodo seco, húmedo y de transición) con cuatro meses de duración cada uno de ellos. Por lo tanto, los intervalos de 10 años tendrán 40 observaciones por clase que son utilizados para ajustar un modelo no paramétrico de precipitaciones.

Una vez ajustado, el modelo no paramétrico de lluvias es utilizado, bajo un esquema Monte Carlo, para generar escenarios de precipitaciones que, a su vez, alimentan los modelos hidrológicos "físicos" descritos en el apartado anterior (VIC, HEC-HMS), los cuales tienen el cometido de transformar los diferentes valores de lluvias en caudales afluentes a los embalses y centrales. Cabe destacar que estos modelos deben de ser convenientemente calibrados, no siendo empleados en la generación de escenarios de caudales hasta que han sido capaces de reproducir adecuadamente las series históricas registradas.

Estos modelos podrán también ser revisados a cada intervalo de 10 años de manera a considerar los efectos de modificaciones sobre la ocupación de las cuencas, incluyendo cambios del uso del suelo.

## SDDP (*Stochastic Dual Dynamic Programming*)

Figura 11: Obtención de caudales de entrada al modelo



Fuente: SDDP

Finalmente, el modelo autorregresivo periódico del SDDP es empleado para generar conjuntos de parámetros con validez, nuevamente, de 10 años. De esta manera, el proceso no estacionario asociado a los impactos de cambio climático sobre las lluvias y, por lo tanto, los caudales, se aproxima por una secuencia de modelos estacionarios dinámicos en el tiempo, cada uno con validez de 10 años, que es una frecuencia adecuada para analizar la evolución de los sistemas hidroenergéticos y plantear medidas tanto a nivel del conjunto del sistema energético como de las centrales hidroeléctricas y sus cuencas aportantes.

### SOPORTE

El SDDP puede ejecutarse a través de su interfaz gráfica en ambiente Windows.

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

La PD Dual utiliza un esquema iterativo de optimización/simulación para seleccionar solamente los estados que son relevantes para la decisión, lo que hace posible resolver problemas de despacho estocástico con un gran número de embalses, con un esfuerzo computacional razonable.

## SDDP (*Stochastic Dual Dynamic Programing*)

### RESULTADOS

Todos los resultados detallados del modelo SDDP se colocan en archivos con el formato \*.csv. Estos archivos son administrados por una interfaz gráfica (programa GRAF) que produce archivos Excel con los resultados deseados. Los principales resultados son:

- Estadísticas operativas: generación hidroeléctrica y termoeléctrica, costos operativos de las térmicas, intercambio de energía, consumo de combustible, riesgos de déficit, energía no-suministrada, etc;
- Costos marginales de corto plazo: estos costos se utilizan para representar precios de compra y de oferta de energía en el despacho;
- Costos marginales de capacidad: estos costos miden el beneficio operativo cuando se refuerza la capacidad instalada de una planta térmica, el límite de turbinado de una planta hidroeléctrica o la capacidad de almacenamiento de un embalse, y son utilizados para determinar las adiciones de máxima eficiencia económica para el sistema.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

<https://www.psr-inc.com/software-es/>

## 2.3.4 Dotación de agua

El cambio y la variabilidad climática afecta a los sistemas de suministro de agua de varias maneras. En cuanto a su efecto en la demanda de agua, posiblemente el efecto más obvio es que, como consecuencia del aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones, se puede originar una mayor demanda de agua para riego y refrigeración. Igualmente puede afectar a la disponibilidad de agua, ya que los cambios en los patrones de precipitación pueden implicar reducciones en los caudales de los ríos, la caída de las capas freáticas y, en las zonas costeras, la intrusión salina en los ríos y las aguas subterráneas. Además, el deshielo de los glaciares y la pérdida de agua de fusión reducirá los caudales de los ríos en momentos clave del año.

A continuación, se incluyen una serie de herramientas y guías que evalúan estos efectos sobre la oferta y la demanda. El análisis de la disponibilidad de agua se aborda con las técnicas y metodologías de simulación hidrológica comentadas en el apartado correspondiente. Sí que se aprecian interesantes ejemplos y metodologías en las que combinando modelos hidrológicos con escenarios climáticos se evalúa este aspecto. En cambio, los efectos sobre la demanda hídrica no son generalmente estudiados en las referencias localizadas.

Adicionalmente a los cambios en oferta y demanda del recurso hídrico, el cambio climático podría dañar los propios sistemas de suministro y depuración de agua (por ejemplo, incrementando la erosión y afectando a las tuberías como consecuencia de lluvias inusualmente intensas). Para darle una mayor continuidad a la exposición, y dado que estamos ante infraestructura urbana, estos aspectos son también analizados en el sector de protección de ciudades.



### Guía para la gestión de recursos hídricos en cuencas de montaña, bajo el efecto del cambio climático (CAF)

Guía que realiza el análisis de los efectos del cambio climático en proyectos de aprovechamiento del recurso agua, con la óptica del manejo integral de cuencas hidrográficas.

**Autor:** CAF -banco de desarrollo de América Latina-

**Fecha:** 2014

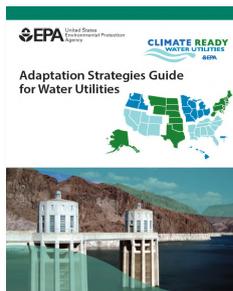


### Water & Climate Adaptation Plan for the Sava River Basin

Esta guía de orientación es uno de los componentes del agua y el clima Plan de Adaptación (WATCAP) que está preparando el Consultor para la Comisión Internacional de la Cuenca del Río Sava (ISRBC) bajo la financiación del Banco Mundial.

**Autor:** World Bank Group

**Fecha:** 2015-08



### Adaptation Strategies Guide for Water Utilities

Los objetivos de esta guía son proporcionar a los servicios públicos de agua potable y de aguas residuales información acerca de cómo el cambio climático puede afectar las operaciones de abastecimiento de agua y proporcionar ejemplos de diferentes acciones que se pueden llevar a cabo para prepararse ante estos impactos.

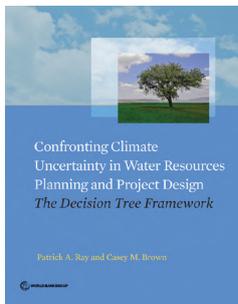
**Autor:** EPA (United States Environmental Protection Agency)

**Fecha:** 2015-02



### XDI\_SYSTEMS (162)

Ya referenciada en el apartado 2.1



### Confronting Climate Uncertainty in Water Resources Planning and Project Design: The Decision Tree Framework. (209)

Este libro describe un marco de decisión que proporciona a los planificadores de proyectos y administradores de programas relacionados con los recursos hídricos un método eficiente, científicamente defendible, repetible y claro para demostrar la solidez de un proyecto frente al cambio climático. Plante un proceso a ser desarrollado con recursos limitado que permite al planificador del proyecto tener la facultad de comunicar con confianza el método por el cual se evaluaron las vulnerabilidades del proyecto y cómo los ajustes que se hicieron (si son precisos) mejoraron la viabilidad y la rentabilidad del mismo. El marco adopta un enfoque “de abajo hacia arriba” para la evaluación de riesgos que apunta a una comprensión profunda de las vulnerabilidades de un proyecto al cambio climático en el contexto de otras incertidumbres no climáticas (por ejemplo, económicas, ambientales, demográficas o políticas). Ayuda a identificar proyectos que se desempeñan bien en una amplia gama de posibles condiciones climáticas futuras, en lugar de buscar soluciones que sean óptimas en las condiciones esperadas pero frágiles a condiciones que se desvíen de las esperadas.

**Autor:** Ray, Patrick A.; Brown, Casey M.. 2015.

**Fecha:** 2015

A continuación, se describen los métodos y herramientas que se han considerado más relevantes junto con una explicación de las características y aspectos destacados y los resultados y contribuciones específicas en el proceso de la adaptación en este sector.

## AQUEDUCT

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Base de datos	Riesgos relacionados con el agua	10 noviembre 2015

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

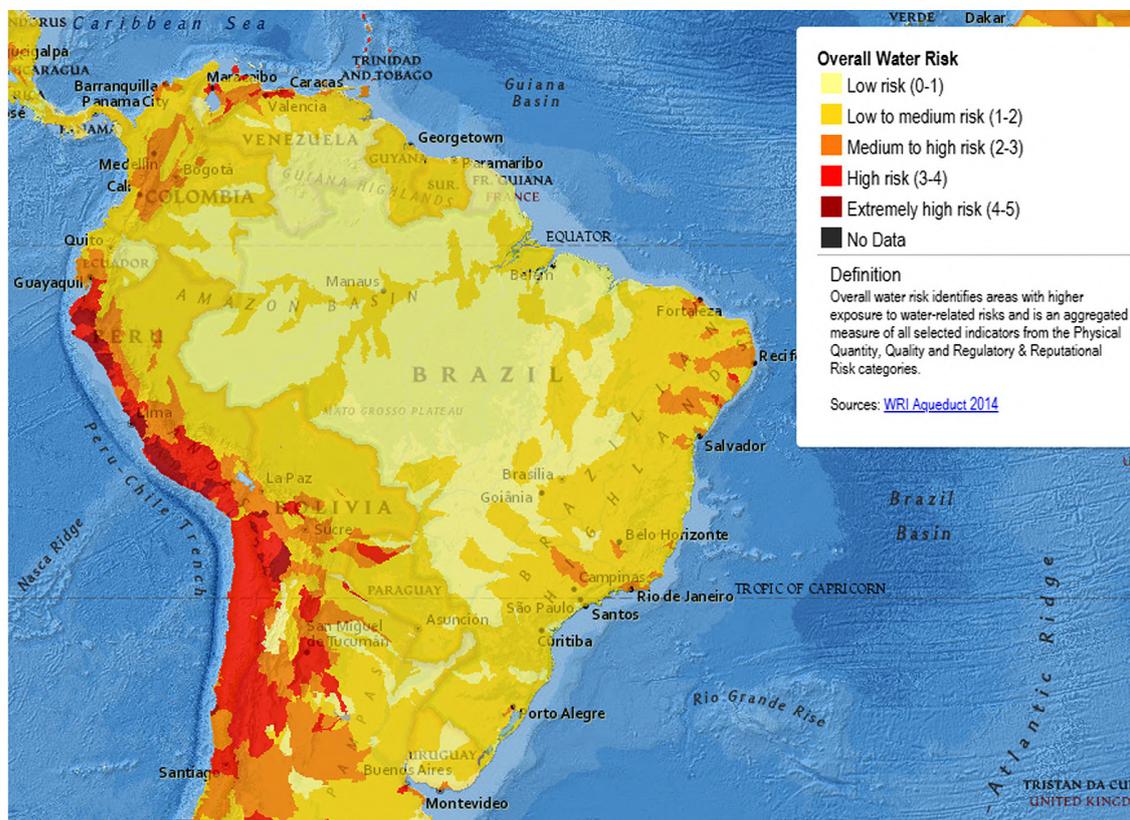
Aqueduct es una base de datos global, pública e interactiva, disponible al público que mapea indicadores de riesgos relacionados con el agua para los tomadores de decisiones en todo el mundo. Utiliza una combinación de modelos geospaciales y estadísticos para traducir datos hidrológicos globales en indicadores directos y puntuaciones agregadas que pueden ayudar al usuario en la toma de decisiones.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

Se han agrupado 12 indicadores globales en un marco diseñado para dar respuesta a las preocupaciones generadas en torno a la escasez de agua, la calidad del agua, el cambio climático y la creciente demanda de agua dulce.

Estos indicadores están elegidos para realizar un análisis comparativo de grandes geografías y así poder identificar regiones en las que hay que prestar mayor atención. Por lo tanto, no son apropiados en análisis locales o específicos de un sitio.

➤ **Figura 12:** Aspecto de la herramienta AQUEDUCT



➤ **Fuente:** AQUEDUCT

Este mapa muestra la exposición promedio de los países y las cuencas hidrográficas a cinco de los indicadores de riesgo de agua de Aqueduct: estrés hídrico de referencia, variabilidad interanual, variabilidad estacional, ocurrencia de inundaciones y severidad de la sequía:

**Ocurrencia de inundaciones:** mide el número de inundaciones registradas en cada cuenca entre 1985 y 2011. Este indicador difiere de los indicadores hidrológicos anteriores porque proviene de observaciones reales que se realizan cada poco tiempo (teledetección), ya que las inundaciones son eventos extremos que no se capturan en mediciones a largo plazo.

**Gravedad de la sequía:** mide la severidad media de los eventos de sequía desde 1901 a 2008 (según Sheffield y Wood.31) mediante la generación de un hidrograma mensual de humedad del suelo considerándose sequía cuando la humedad del suelo está por debajo del percentil 20 del hidrograma mensual. El indicador de severidad de la sequía enfatiza aquellas regiones donde los déficits de humedad son más largos y secos y su adaptación y mitigación es más difícil.

**Estrés de aguas subterráneas (GW)** mide la proporción de extracción de agua subterránea en relación con su tasa de recarga sostenible en un acuífero determinado.

**Cobertura de medios (MC)** mide la cantidad de artículos de noticias sobre temas relacionados con el agua en un país en relación con la cantidad total de artículos sobre el país.

**Acceso al agua (WC)** mide la proporción de la población sin acceso a fuentes mejoradas de agua potable por país y estima la cobertura de la infraestructura de agua potable.

**Anfibios amenazados (AMPH)** miden el porcentaje de especies de anfibios clasificadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como amenazadas en cada cuenca y excluye las especies que están extintas o extirpadas localmente para estima los niveles actuales de vulnerabilidad en lugar de la degradación total.

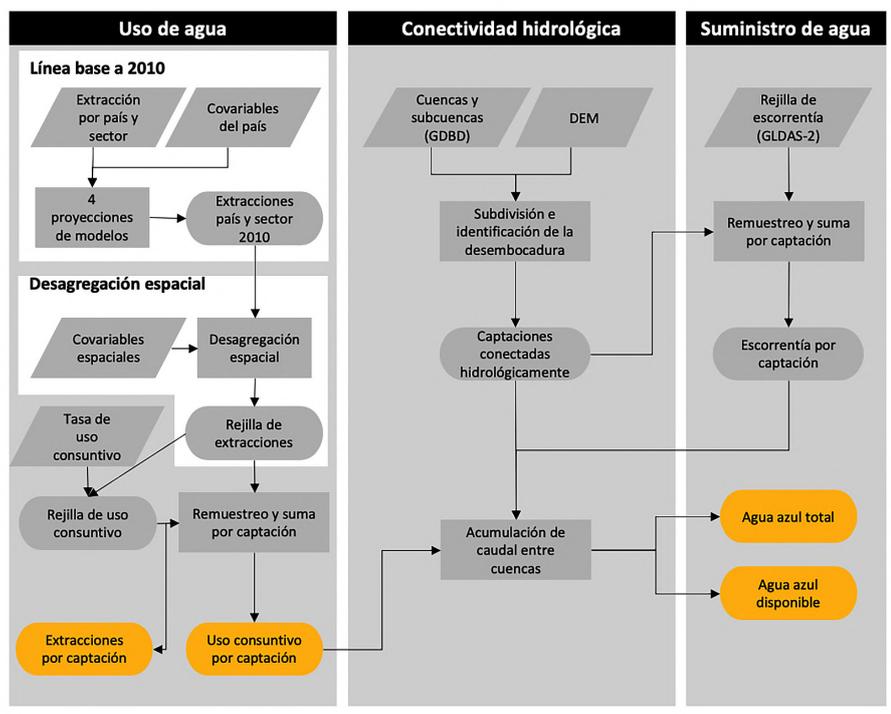
## SOPORTE

**Aqueduct Global Flood Analyzer** es una plataforma interactiva basada en la web que mide los impactos de las inundaciones de los ríos por daños urbanos, el PIB afectado y la población afectada a nivel nacional, estatal y de cuencas.

**Aqueduct Water Risk Atlas es el mapa** que muestra la exposición promedio de los países y las cuencas hidrográficas a cinco de los indicadores de riesgo de agua de Aqueduct.

## ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Figura 13: Elementos que considera y relaciones



**Nota:** Los paralelogramos representan datos de entrada y, los que tienen forma redondeada, datos de salida. En amarillo destacan las medidas finales de consumo y suministro de agua.

Fuente: adaptado de Aqueduct

## AQUEDUCT

### RESULTADOS

El Atlas de Riesgo de Agua de Aqueduct permite comparar las variaciones espaciales en los posibles problemas de agua en todo el mundo mediante el índice compuesto global de riesgo de agua. Mediante este indicador se pueden identificar las regiones con mayores riesgos y mediante los indicadores individuales, los cuales miden características específicas de recursos hídricos, se puede realizar un estudio más detallado a nivel local.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

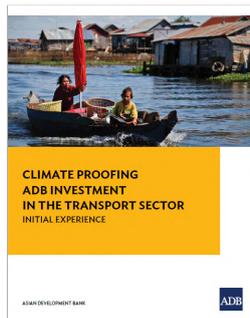
<https://www.wri.org/our-work/project/aqueduct>

### 2.3.5 Vial

La infraestructura de transporte vial es altamente vulnerable al cambio climático, ya que el aumento del nivel del mar, de la temperatura, los cambios en los patrones de precipitación y los fenómenos meteorológicos extremos pueden afectar el funcionamiento y la seguridad de carreteras, autopistas y otras vías. Por lo tanto, el cambio climático plantea importantes retos para el sector del transporte ya que se verá afectado por una serie de impactos directos e indirectos sobre su infraestructura y su sistema de explotación.

Los efectos del cambio climático sobre el transporte no solo condicionarán el medio físico, sino que también es probable que influyan en la demanda futura de transporte, en los comportamientos de movilidad de viajeros y mercancías y en los patrones de elección de los modos de transporte.

Debido a la importancia de las carreteras se pueden encontrar una gran cantidad de guías y manuales con numerosos ejemplos que ayudan en la planificación de la adaptación y el desarrollo de la capacidad de recuperación en la infraestructura vial. Esta sección reúne primero una lista de las metodologías y guías, asimismo un resumen de su contenido, que se han consultado para el desarrollo de la presente guía y en segundo lugar hemos elaborado unas fichas técnicas explicativas de aquellos métodos y/o herramientas que se consideran más relevantes para la adaptación al cambio climático.

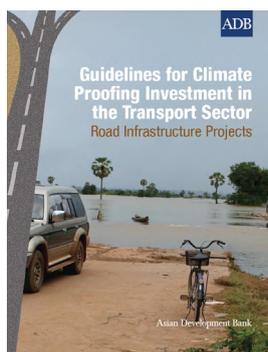


#### Guidelines for Climate Proofing ADB Investment in the Transport Sector. Initial Experience

En este informe se documentan las experiencias que muestran grandes avances en la integración de medidas de adaptación al cambio climático en los proyectos de inversión.

**Autor** ADB (Asian Development Bank)

**Fecha:** 2014-10



## Guidelines for Climate Proofing Investment in the Transport Sector: Road Infrastructure Projects

Guía mandataria para solicitar financiación a ADB que presenta un enfoque paso a paso para guiar en la incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en proyectos de inversión del sector del transporte. Aunque está enfocado a proyectos, también puede aplicarse en la planificación de infraestructura y en las políticas de estrategias de desarrollo.

La metodología considera seis conjuntos de actividades divididas en 20 pasos y define medidas estructurales y no-estructurales, así como la opción de “no hacer nada” (*do nothing*) ante un deterioro causado por el cambio climático en determinadas circunstancias. Por lo que facilita los criterios para configurar el equipo de proyecto y las tareas a llevar a cabo por este.

**Autor** ADB (Asian Development Bank)

**Fecha:** 2011-10

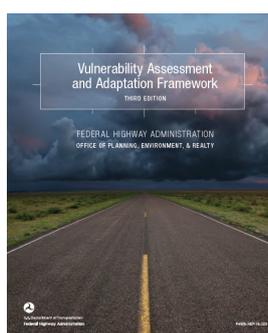


## Climate change risk assessments and adaptation for roads – results of the ROADAPT Project

Metodología que proporciona instrumentos que permiten tener en cuenta los datos climáticos adaptados y coherentes, y mediante la buena comunicación entre investigadores climáticos y autoridades viales poder realizar un rápido análisis para estimar los riesgos relacionados con el cambio climático para carreteras, una evaluación de vulnerabilidad, un análisis de impacto socioeconómico y un plan de acción para adaptación con aportes específicos de posibles técnicas de adaptación relacionadas con geotecnia y drenaje, pavimentos y gestión del tránsito.

**Autor** Thomas Bles

**Fecha** 2016-06



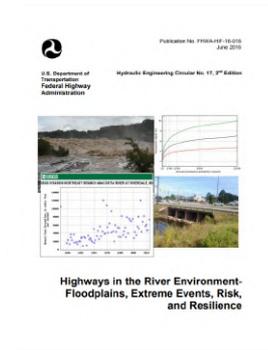
## Vulnerability Assessment and Adaptation Framework

El Marco de Evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación de la Administración Federal de Carreteras es un manual para ayudar a las agencias de transporte a evaluar la vulnerabilidad de los sistemas y la infraestructura de transporte ante los efectos climáticos y climáticos extremos. El Marco proporciona un proceso detallado y estructurado para realizar una evaluación de vulnerabilidad describiendo cada uno de los pasos principales y presenta ejemplos de evaluaciones realizadas. Los pasos que describe detalladamente son:

- Dividir objetivos y definir el alcance del estudio
- Obtener datos de activos
- Obtener datos del clima.
- Evaluar la vulnerabilidad
- Identificar, analizar y priorizar opciones de adaptación.
- Incorporar los resultados de la evaluación en la toma de decisiones.
- Monitorear y revisar

**Autor** Federal Highway Administration

**Fecha** 2017-12



### Highways in the River Environment-Floodplains, Extreme Events, Riska and Resilience

Este manual proporciona orientación técnica y métodos para evaluar la vulnerabilidad de las instalaciones de transporte ante eventos extremos y el cambio climático en entornos fluviales. El objetivo es cuantificar la exposición a eventos de inundaciones extremas considerando el cambio climático y otras fuentes de no estacionalidad.

**Autor** U.S. Department of Transportation

**Fecha** 2016-06



### Adaptation of transport to climate change in Europe

Este informe pretende arrojar luz sobre las prácticas de adaptación iniciales en el sector del transporte en toda Europa al tiempo que ofrece una perspectiva sobre los desafíos y oportunidades emergentes mediante:

- un resumen de los desafíos
- una visión general sobre el estado de la acción de adaptación
- una revisión de una serie de iniciativas inspiradoras en diferentes países
- conclusiones sobre un posible camino a seguir

Aunque no es una descripción exhaustiva, el propósito del informe es estimular las discusiones entre los muchos y diferentes interesados en la adaptación al transporte.

**Autor:** European Environment Agency

**Fecha:** 2014-08



### Guía de Buenas Prácticas para la adaptación de las carreteras al clima

Mediante esta guía se quiere generar conocimiento acerca de la importancia de concebir infraestructura adaptada al clima durante todo su ciclo de vida, así como mostrar ejemplos, acciones y medidas de buenas prácticas que pudieran ser de utilidad para aplicar a los proyectos de carreteras mediante los siguientes pasos:

- lograr un verdadero compromiso institucional
- generar planes específicos de adaptación de las carreteras al clima
- crear un entorno colaborativo de trabajo por la adaptación al clima
- la implantación y monitoreo de medidas de adaptación al clima

**Autor** CAF

**Fecha** 2018



### XDI\_SYSTEMS (162)

Ya referenciada en el apartado 2.1

### 2.3.6 Áreas urbanas

Tal y como apunta el capítulo 8 del informe para áreas urbanas desarrollado por el IPCC en 2014 (140), ya en el 2008 la mitad de la población mundial vivía en centros urbanos y además según las proyecciones socioeconómicas esta proporción va a seguir creciendo en los próximos años. Este incremento de población sin la planificación adecuada, más acuciado en ciudades de menor escala en América Latina, hace que aumenten también los riesgos relacionados con el cambio climático urbano (incluido el aumento del nivel del mar y las mareas de tormenta, el estrés por calor, las precipitaciones extremas, inundaciones interiores y costeras, deslizamientos de tierra, sequía, aumento de la aridez, escasez de agua y contaminación del aire) con una negativa generalizada impactos en las personas (y su salud, medios de vida y activos) y en las economías y ecosistemas locales y nacionales. Estos riesgos se amplifican para aquellos que viven en asentamientos informales y en áreas peligrosas y que carecen de infraestructura y servicios esenciales o donde no hay provisiones adecuadas para la adaptación.

Por ello, la gestión del riesgo climático en los centros urbanos es esencial para la adaptación exitosa del cambio climático global y por ello debe ser una de las prioridades de los gobiernos, donde la adaptación al cambio climático puede contribuir a que las ciudades alcancen diversos objetivos deseables en torno a la calidad de vida, la prestación de servicios y la reducción del riesgo de desastres.

Además, tal y como apunta este informe del IPCC, las ciudades deben ser consideradas como un elemento clave que afecta en gran medida al resto del ecosistema, apuntándose las siguientes afirmaciones:

- **Las ciudades se componen de sistemas interdependientes complejos** que pueden aprovecharse para apoyar la adaptación al cambio climático a través de Gobiernos municipales efectivos apoyados por la gobernanza cooperativa multinivel. Esto puede permitir sinergias con la inversión en infraestructura y mantenimiento, manejo del uso de la tierra, creación de medios de vida y protección de los servicios del ecosistema (confianza media, basada en evidencia limitada, acuerdo medio). {8.3, 8.4}
- **La acción de adaptación urbana que ofrece beneficios colaterales de mitigación es un medio poderoso y eficiente en el uso de recursos para enfrentar el cambio climático y para lograr los objetivos de desarrollo sostenible** (confianza media, basada en pruebas medianas, acuerdo alto). {8.4}
- **El cambio climático tendrá profundos impactos en un amplio espectro de sistemas de infraestructura** (suministro de agua y energía, saneamiento, drenaje, transporte y telecomunicaciones), **servicios** (incluida la atención de salud y servicios de emergencia), **el entorno construido, y servicios ecosistémicos**. Estos interactúan con otros factores de estrés social, económico y ambiental que exacerbaban y aumentan los riesgos para el bienestar individual y familiar (confianza media, basada en pruebas medianas, acuerdo alto). {8.2}

La importancia que tienen las ciudades hace que existan una gran cantidad métodos, herramientas, manuales y directrices para ayudar en la planificación de la adaptación y el desarrollo de la capacidad de recuperación en áreas urbanas. Esta sección reúne primero una lista de las metodologías y guías que se han consultado para el desarrollo de la presente guía y en segundo lugar hemos elaborado unas fichas técnicas explicativas de aquellos métodos y/o herramientas que se consideran más relevantes para la adaptación al clima urbano.

Por último, existe un aspecto transversal que puede afectar a cualquier de todos los sectores como es la subida del nivel del mar. Ya que en su mayoría los impactos se registrarán sobre entornos urbanos, se ha optado por incluir al menos dos referencias interesantes en este sentido en este sector, pese a que las mismas son aplicables desde una óptica territorial más amplia.



#### Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana (CAF)

Herramienta de análisis que permite identificar distritos y zonas de mayor vulnerabilidad frente al cambio climático en la ciudad de Arequipa.

**Autor** Libélula, Comunicación Ambiente y Desarrollo S.A.C

**Fecha:** 2018-05

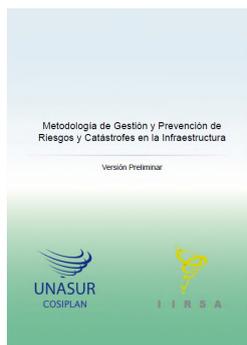


### Análisis costo-beneficio de medidas de adaptación al cambio climático en áreas urbanas de América Latina.

Guía para el análisis cuantitativo y cualitativo de medidas de adaptación al cambio climático en ciudades de América Latina y priorización.

**Autor** Oficina Regional para América Latina y el Caribe

**Fecha** 2017



### Metodología de Gestión y Prevención de Riesgos y Catástrofes en la Infraestructura

Guía metodológica que permita analizar el riesgo a desastres e identificar las acciones para prevenir y gestionar el riesgo de desastres y que aumente la resiliencia de la infraestructura COSIPLAN/IIRSA.

**Autor** Consejo Suramericano de Infraestructura y Planeamiento (COSIPLAN)

(Claudio Osorio U.)

**Fecha** Agosto 2013



### Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe

Guía metodológica para el análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura marino-costera en América Latina. Estudio de los impactos del cambio climático en la costa (inundación, erosión de la costa, daño sobre infraestructura costera, etc.) y posteriores propuestas de adaptación y facilitar la identificación de opciones de adaptación.

**Autor** Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHC) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

**Fecha** Agosto 2013

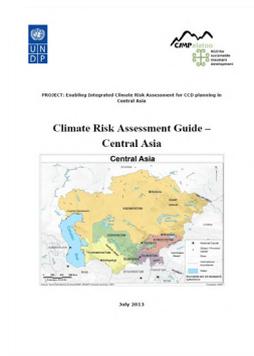


### GUÍA CDKN - Estudios de vulnerabilidad en América Latina y el Caribe: recomendaciones a través de la experiencia

El análisis que se presenta en esta guía deriva de siete estudios de casos realizados: dos a nivel de ciudades (Cartagena de Indias - Colombia y Quito - Ecuador) y sobre sectores específicos (agricultura, turismo, vías, provisión de agua y riesgos de inundaciones) en cuatro países (Colombia, Ecuador, Jamaica y Belice) y se establecen recomendaciones para futuras iniciativas similares.

**Autor** Katherine Tehelen y María José Pacha

**Fecha** Febrero 2017



### Climate Risk Assessment Guide – Central Asia (210)

Proporciona un proceso claro y práctico para evaluar los impactos y resultados de eventos relacionados con el clima en vidas y medios de vida en Asia Central.

**Autor** C. Kelly y otros autores.

CAMP Alatau en colaboración con UNDP Central Asia Climate Risk Management Program. Financiado por Climate Development and Knowledge Network

**Fecha** Julio 2013



### The Integrated management system (IMS)

El Sistema de Gestión Integrado para la gestión del área urbana ha sido desarrollado en el marco del proyecto CHAMP consta de cinco pasos principales que se repiten en ciclos anuales.

Si bien el sistema sigue un ciclo anual, se requerirá una revisión completa solo cada tres a cinco años, si la evaluación de los logros y resultados al final del ciclo no sugiere una reconsideración.

**Autor:** CHAMP Project

<http://www.localmanagement.eu/>

**Fecha** 2009-2012



### The Urban Adaptation Support Tool,

Esta herramienta se desarrolló como una guía práctica para ayudar a los firmantes del Mayors Adapt y el Pacto de Alcaldes para el Clima y la Energía, a través del ciclo de planificación e implementación de la adaptación.

Es de especial importancia para las áreas urbanas en aquellos países donde actualmente no se cuenta con herramientas o apoyo a nivel nacional o están en desarrollo que ofrece numerosos beneficios para las partes interesadas:

- Fácil acceso a información de adaptación urbana experta y de alta calidad.
- Una base de datos completa de literatura y fuentes de información relevantes para cada paso del ciclo de adaptación urbana.
- Una lista de verificación de autocontrol para cada paso del ciclo.
- Una base de datos de estudios de casos
- Listas de opciones de adaptación según sector e impacto, incluidas descripciones extensas.

**Autor:** The European Climate Adaptation Platform (Climate-ADAPT)

Asociación constituida entre la Comisión Europea (DG CLIMA, DG Joint Research Centre and other DGs) y la Agencia Europea de Medio Ambiente

**Fecha** 2015



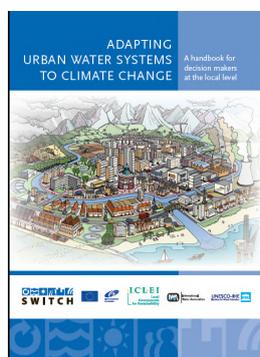
### EEA's Urban Adaptation Report.

Este informe ofrece una visión general de la acción que se puede tomar para adaptar las ciudades en Europa así como los avances realizados en los últimos dos años.

El informe proporciona elementos para reflexionar sobre la adaptación al cambio climático, de este modo complementa muchas otras herramientas, informes e iniciativas en materia de adaptación urbana en Europa.

Autor: European Environment Agency (EEA). Denmark

Fecha 2016



### Adapting urban water systems to climate change

Manual para los tomadores de decisión a nivel local cuyo objetivo se centra en guiar el análisis de vulnerabilidad y la planificación de los sistemas urbanos de agua para apoyar la toma de decisión con respecto a su adaptación al cambio climático.

Es una iniciativa del proyecto SWITCH1 y el resultado de una colaboración entre ICLEI - Gobiernos locales para la sostenibilidad, la Asociación Internacional del Agua (AIT) y el Instituto UNESCO-IHE Instituto de Educación del Agua.

Autor: Anne-Claire Loftus (ICLEI European Secretariat)

Fecha 2011



### The Adaptation Support Tool (AST)

Herramienta de Soporte de Adaptación desarrollada para respaldar la planificación colaborativa de medidas de adaptación para un entorno más resistente y atractivo.

Esta herramienta puede ser utilizada en talleres de diseño por planificadores urbanos, arquitectos paisajistas, administradores de agua, ingenieros civiles, partes interesadas locales y otros expertos para crear diseños conceptuales. La herramienta cuenta con opción para seleccionar las intervenciones de adaptación (62 medidas - categorizadas como azules, verdes y grises), ubicarlas en su área de proyecto y obtener de inmediato un cálculo de su efectividad y costos.

Autor: Frans van de Ven (frans.vandeVen@deltares.nl). Urban Water and Subsurface Management. Deltares.

Fecha 2016



## Guía para la evaluación de la efectividad y el diseño de Soluciones Naturales como medidas de mitigación y adaptación al cambio climático

El objetivo de esta guía es ofrecer a las administraciones locales un marco metodológico para la evaluación de múltiples beneficios de las Soluciones Naturales y de su efectividad como medidas de mitigación y de adaptación al cambio climático a nivel local, así como su alineación con los procesos de planeamiento, diseño y desarrollo urbano.

En esta guía se ofrece material de soporte, metodologías, herramientas y ejemplos del caso de estudio, que pretenden ayudar a la toma de decisiones mejor informada y responsable acerca de qué, cómo y dónde implantar las Soluciones Naturales, en base a estimaciones cuantitativas de los beneficios que aportarían en cuatro variables ambientales: temperaturas extremas, control de inundaciones, captura de carbono y biodiversidad.

**Autor:** Lur Epelde; Ainara Artetxe (NEIKER-Tecnalia)

Maddalen Mendizabal, Pilar Fernández, Laura Gutiérrez, Gemma García-Blanco, Eflen Feliu (Tecnalia Research and Innovation)

En colaboración con el ayuntamiento de Donostia-San Sebastián e IHOBE, sociedad pública de gestión ambiental del Gobierno Vasco

**Fecha** Junio 2018



## National adaptation plans; Understanding mandates and sharing experiences (211)

Este informe proporciona un marco común para entender el proceso de formulación e implementación de planes de adaptación nacionales (NAP)

Los planes de adaptación nacionales (PNA) permiten a los países en desarrollo identificar sus necesidades de adaptación; desarrollar e implementar estrategias y programas para atender esas necesidades; y habilitar acciones para proteger a las comunidades vulnerables.

Este trabajo considera los beneficios y desafíos de implementar un mandato nacional para proporcionar el impulso para desarrollar un NAP, asignar responsabilidades y alentar la participación intersectorial, explorando las formas legales que tal mandato podría tomar y el intercambio de experiencias de los países menos adelantados (PMA).

Adicionalmente a su valor “*per se*”, con la inclusión de esta referencia en el presente documento se desea destacar que cada país cuenta con diferentes planes y políticas en el ámbito de la adaptación al cambio climático que es conveniente revisar para abordar el análisis climático de los proyectos a desarrollar en su territorio.

**Autor:** Achala Abeysinghe, IIED

Brook M Dambacher, University of Tasmania

Rebecca Byrnes, University of Oxford

Achala Abeysinghe [achala.abeyasinghe@iied.org](mailto:achala.abeyasinghe@iied.org)

**Fecha** Enero 2017

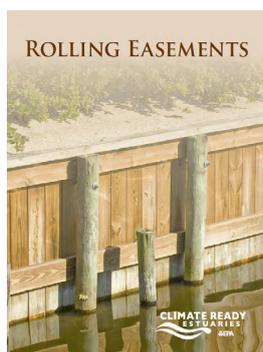


### Synthesis of adaptation options for coastal areas

Esta guía proporciona una breve introducción a los impactos físicos clave del cambio climático en los estuarios y una revisión de las opciones de adaptación en el terreno disponibles para los administradores costeros para reducir la vulnerabilidad de sus sistemas a los impactos del cambio climático.

**Autor:** Climate Ready Estuaries

**Fecha:** 2009

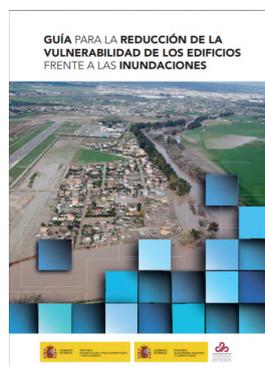


### Rolling Easements

Proporciona información básica sobre más de una docena de enfoques sobre servidumbres de rodadura. La pregunta sobre cuál de estos enfoques debería adoptarse está fuera del alcance de este manual. No se evalúa qué parte de la costa debe protegerse o qué parte de ella debe dar paso al mar, el objetivo de este manual es simplemente proporcionar un resumen de las herramientas que podrían adoptarse y sus posibles fundamentos, para ayudar a alentar una consideración completa de las muchas opciones disponibles para responder al aumento del nivel del mar.

**Autor:** Climate Ready Estuaries

**Fecha:** 2011



### Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones.

Esta guía está focalizada en la protección de edificios existentes en zonas inundables aplicando medidas al propio edificio o parcela. No incluye medidas que modifiquen el proyecto de urbanización o los planes de ordenación municipal. Tampoco incluye soluciones generales como encauzamientos de río, diques de protección costera o ampliación y mejora de la capacidad de saneamiento. No obstante, destaca por su clara y sencilla explicación del concepto de riesgo, en consonancia con el AR5 del IPCC, y que podría resumirse en la peligrosidad en función de la frecuencia, intensidad y magnitud. También explica conceptos como periodo de retorno (T) frente a probabilidad anual media de superación de un evento ( $1/T$ ), que parece que es más correcto (ver Tabla 1). También son de elevado interés la Figura 10 (sobre pérdidas económicas totales frente a la altura del agua en el edificio), la Figura 17 (clasificación de medidas según 7 tipologías en los planes de gestión de inundaciones), el Catálogo de medidas en el Apéndice 1 y los ejemplos prácticos para identificar el riesgo de inundación de una zona en el CNIH y en el SNCZI en el Apéndice 2. Además, conviene destacar el ejemplo de valoración económica del Apéndice 3 y la tabla 13 sobre el valor de los elementos de la vivienda y estimación del valor de los daños que podría producir el agua.

**Autor:** Consorcio de Compensación de Seguros

**Fecha:** 2018

A continuación, se describen los métodos y herramientas que se han considerado más relevantes junto con una explicación de las características y aspectos destacados de cada una de ellas así como los resultados y contribuciones específicas en el proceso de la adaptación al clima urbano.

## City Catchment Analysis Tool: CITY CAT

<https://www.ncl.ac.uk/ceser/research/integrated-systems/cities/citycat/>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Herramienta de Análisis de Riesgo	Urbano	2017

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

CityCAT permite una evaluación rápida del riesgo combinado de **inundación pluvial y fluvial**. Permite la evaluación de los efectos de diferentes medidas de alivio de inundaciones.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

Es un software de modelado desarrollado recientemente para fines de drenaje urbano y modelado de inundaciones. El componente de flujo terrestre de CityCAT se basa en las ecuaciones de aguas poco profundas, y la solución se obtiene mediante el uso de esquemas de captura de impactos de volumen finito de alta resolución. El componente de flujo de tuberías de CityCAT se basa en el modelo matemático para flujos mixtos en tuberías (MFP). El MFP utiliza las ecuaciones de St Venant y un sistema conservador de ecuaciones para flujos presurizados que se derivan de las ecuaciones de Euler compresibles. Puede modelar presiones subatmosféricas y celeridades de ondas de presión grandes ( $> 1000 \text{ m/s}$ ). Además, el modelo puede capturar la transición entre la superficie libre y el flujo presurizado.

### SOPORTE/CONTACTO

The Centre for Earth Systems Engineering Research (CESER). Newcastle University Newcastle upon Tyne NE1 7RU, UK. Tel.: +44-(0)-790-369-7834

Robert Bertsch. [r.bertsch@newcastle.ac.uk](mailto:r.bertsch@newcastle.ac.uk)

Vassilis Glenis [vassilis.glenis@newcastle.ac.uk](mailto:vassilis.glenis@newcastle.ac.uk)

Chris Kilsby [chris.kilsby@newcastle.ac.uk](mailto:chris.kilsby@newcastle.ac.uk)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

CityCAT utiliza conjuntos de datos estándar. Utiliza un modelo de terreno digital (DTM) para la topografía. Utiliza los datos de MasterMap del sistema operativo para delinear características urbanas como:

- edificios
- caminos
- superficies permeables

Las simulaciones de diferentes eventos de inundación pueden ser impulsadas por series de tiempo de lluvia, flujo y / o profundidad del agua.

### RESULTADOS

El modelo proporciona dos tipos de salidas visuales

- Series de tiempo de profundidades de agua y velocidades de flujo en ubicaciones seleccionadas.
- Mapas instantáneos de las profundidades y velocidades del agua en diferentes momentos durante la simulación.

## City Catchment Analysis Tool: CITY CAT

Estos mapas se combinan para producir una animación de la propagación de la inundación.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Simulación de inundación urbana utilizando redes sintéticas de drenaje de tormentas <https://pdfs.semanticscholar.org/07ff/345da980148049771eb2648e67888b03d7e3.pdf>
- Modelado de inundaciones para ciudades que usan computación en la nube - INFORME FINAL <https://www.ncl.ac.uk/media/wwwnclacuk/ceser/files/citycat-cloud-project-report.pdf>  
Validación de modelos utilizando datos de fuentes múltiples de una gran inundación pluvial [https://www.researchgate.net/publication/283642484\\_Model\\_Validation\\_Using\\_Crowd-Sourced\\_Data\\_From\\_A\\_Large\\_Pluvial\\_Flood\\_Kutija\\_Vedrana\\_Bertsch\\_Robert\\_Glenis\\_Vassilis\\_Alderson\\_David\\_Walsh\\_Claire\\_Robinson\\_John\\_Kilsby\\_C](https://www.researchgate.net/publication/283642484_Model_Validation_Using_Crowd-Sourced_Data_From_A_Large_Pluvial_Flood_Kutija_Vedrana_Bertsch_Robert_Glenis_Vassilis_Alderson_David_Walsh_Claire_Robinson_John_Kilsby_C)
- Análisis del riesgo de interrupción de la infraestructura de transporte por lluvias extremas [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Pregolato/publication/277669336\\_Analysis\\_of\\_the\\_risk\\_of\\_transport\\_infrastructure\\_disruption\\_from\\_extreme\\_rainfall/links/5570221c08aefcb861ddb47/Analysis-of-the-risk-of-transport-infrastructure-disruption-from-extreme-rainfall.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Pregolato/publication/277669336_Analysis_of_the_risk_of_transport_infrastructure_disruption_from_extreme_rainfall/links/5570221c08aefcb861ddb47/Analysis-of-the-risk-of-transport-infrastructure-disruption-from-extreme-rainfall.pdf)

## ENVIMET

<https://www.envi-met.com>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Herramienta software	Urbano	2017

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

ENVI\_MET (V4) es un modelo no hidrostático tridimensional holístico para la simulación de interacciones superficie-planta-aire que se usa con mucha frecuencia para simular entornos urbanos y evaluar los efectos de las soluciones verdes. Está diseñado para micro escala con una resolución horizontal típica de 0,5 a 5 metros y un marco de tiempo típico de 24 a 48 horas con un paso de tiempo de 1 a 5 segundos. Esta resolución permite analizar interacciones a pequeña escala entre edificios individuales, superficies y plantas.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

- La herramienta está basada en el modelo ENVI-met de simulación dinámica, que modeliza los siguientes aspectos: Modelo atmosférico, modelo de suelos, ambiente contruido y sistema de edificios, modelo de vegetación.
- La versión "BASIC/TRIAL" es gratuita, pero está restringida en funciones internas y de cálculo.
- Las versiones BUSINESS y SCIENCE que incluyen características avanzadas de modelado y nuevas técnicas de simulación necesitan licencia (o son gratuitas)

### SOPORTE/CONTACTO

Prof. Dr. Michael Bruse

ENVI\_MET GmbH

Kaninenberghöhe 2. 45136 Essen

## ELEMENTOS QUE CONSIDERA

- Este software combina varios fenómenos físicos (por ejemplo, flujo de fluidos, transferencia de calor, transferencia de masa, interacciones de vegetación) para el análisis del microclima urbano. Las opciones limitadas de modelado en el software, como la disponibilidad de un solo modelo de turbulencia, las opciones limitadas para la generación de la red y la falta de información sobre las funciones de la pared, pueden considerarse como inconvenientes.
- ENVI\_MET utiliza una C-grid ortogonal de Arakawa para representar su entorno. La topografía se incluye marcando las celdas como rellenas de suelo.
- ENVI\_MET utiliza el método de diferencias finitas para resolver la multitud de ecuaciones diferenciales parciales (PDE) y otros aspectos del modelo.

## RESULTADOS

- En la primera etapa, se necesitan los mapas digitales preparados del dominio (formato cartográfico propio de ENVI-met). Esta etapa puede ser bastante compleja según el dominio ambiental que se elija para trabajar. Los aspectos de alta resolución del programa permiten al usuario entrar en detalles más finos en escalas más pequeñas (0.5) y ser más toscos (y menos detallados) en escalas más bajas (por ejemplo, 10 metros en un estudio de vecindario de 1 km por 1 km) . El programa consta de módulos de áreas de trabajo como 130 por 130 máximo, por lo que teóricamente se puede ir a un estudio de aproximadamente 1300 m por 1300 m.
- La segunda etapa es el editor de configuración, donde se encuentran las bases de datos para tipos de suelo, humedad, temperatura, entrada temporal, etc.
- La tercera etapa es el área de modelado, donde están presentes parámetros adicionales y se lleva a cabo el proceso de modelado.
- Los datos de salida se pueden interpretar y visualizar en LEONARDO. También es posible editar los datos a otros programas ya que la estructura del programa es pública.

## REFERENCIAS DE INTERÉS

- Uso y evaluación del modelo ambiental para el diseño y la planificación ambientales: un experimento en parques lineales: [https://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2003/Papers/516.pdf](https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2003/Papers/516.pdf)
- Comparación de STEVE y ENVI-met como modelos de predicción de temperatura para el contexto de Singapur: <https://www.scribd.com/document/107025551/Comparison-of-STEVE-and-ENVI-Met>  
ENVI-MET Evaluations & Reviews <http://www.envi-met.info/doku.php?id=kb:review>
- Simulación de interacciones superficie-planta-aire dentro de entornos urbanos con un modelo numérico tridimensional.: [https://ac.els-cdn.com/S1364815298000425/1-s2.0-S1364815298000425-main.pdf?\\_tid=d792f8f8-c64f-488a-8952-7cecf5b83aaf&acdnat=1535455042\\_0193370c8e287ca417a402599b5b72cc](https://ac.els-cdn.com/S1364815298000425/1-s2.0-S1364815298000425-main.pdf?_tid=d792f8f8-c64f-488a-8952-7cecf5b83aaf&acdnat=1535455042_0193370c8e287ca417a402599b5b72cc)

## FLOW-R

<http://www.flow-r.org/>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Es un modelo empírico distribuido para evaluaciones regionales de susceptibilidad de aluvión/flujos de escombros	Urbano	Julio 2013

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

El modelo permite la delineación automática del área de la fuente, según los criterios del usuario, y para la evaluación de la extensión de la propagación basada en varios algoritmos de propagación y leyes de fricción simples, en base a un nuevo algoritmo de difusión (una versión mejorada del algoritmo de dirección de Holmgren) que es menos sensible a pequeñas variaciones de la DEM y que evita el exceso de canalización, por lo que produce extensiones más realistas.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

El modelo también se encontró relevante para evaluar otros peligros naturales como la caída de rocas o las avalanchas de nieve. Permite la delimitación automática del área de la fuente y la evaluación de la extensión de la propagación. Las opciones de los conjuntos de datos y los algoritmos están abiertos al usuario, lo que lo hace compatible para varias aplicaciones y disponibilidad de conjuntos de datos.

### SOPORTE/CONTACTO

Para proyectos, experiencia y modelado de grandes regiones: Pascal Horton

- [pascal.horton@terranum.ch](mailto:pascal.horton@terranum.ch)
- [www.terranum.ch](http://www.terranum.ch)
- terr@num is a spin-off of the University of Lausanne

Para investigación, experiencia o enseñanza: Michel Jaboyedoff

- [michel.jaboyedoff@unil.ch](mailto:michel.jaboyedoff@unil.ch)
- [www.unil.ch](http://www.unil.ch)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

- Las opciones de los conjuntos de datos y los algoritmos están abiertos al usuario, lo que lo hace compatible para varias aplicaciones y disponibilidad de conjuntos de datos.
- Entre los posibles conjuntos de datos, el DEM es el único que realmente se necesita para la delimitación del área de origen y la evaluación de propagación; Su calidad es de gran importancia para la exactitud de los resultados. Se considera una resolución de 10 m DEM como un buen compromiso entre el tiempo de procesamiento y la calidad de los resultados. Sin embargo, todavía se han obtenido resultados valiosos sobre la base de DEM de menor calidad con una resolución de 25 m.

### RESULTADOS

El resultado permite una visión general de las áreas de origen y las extensiones de propagación.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Modelo para el mapeo de susceptibilidad de flujos de escombros y otros peligros gravitacionales a escala regional: <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/13/869/2013/nhess-13-869-2013.html>
- Manual de Usuario: <http://www.flow-r.org/user-guide>

## FLOOD-RISK

<https://github.com/FloodRiskGroup/floodrisk.git>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Free and open-source GIS software para ser integrado con QGIS	Urbano	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

- Enfocado a la evaluación de consecuencias de las inundaciones en términos de daños económicos directos y pérdida de vidas.
- Evaluación de riesgos simple y rápida en la que se han considerado escenarios de eventos fijos. La probabilidad de cada escenario se estima por separado y las consecuencias se calculan de manera determinista.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

Esta herramienta considera las amenazas de **inundaciones pluviales y fluviales** (SUFRI), así como escenarios de fallo o rotura de presas (U.S. Department of Homeland Security)

### SOPORTE/CONTACTO

Leonardo Mancusi, Senior Researcher, Environment Research Unit at RSE

Raffaele Albano, Research Associate, University of Basilicata (UNIBAS-SI) [http://www2.unibas.it/raffaelealbano/?page\\_id=115](http://www2.unibas.it/raffaelealbano/?page_id=115)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

- Información de partida: AMENAZA

Basado en cartografía rasters (3 capas): (1) Valores máximos de profundidad (m); (2) Valores máximos de velocidad (m/s); y (3) Mapas de tiempo de alerta (h). Las dos primeras, como salidas de modelos hidráulicos en 2D o modelos integrados 1D-2D.

Mapa del tiempo de alerta (warning time map): Tiempo (horas) entre la recepción de una advertencia y el instante en el que la población de cada estructura podría ser afectada por la inundación. (ver cuarta imagen abajo)

- Información de partida: EXPOSICIÓN

Se utiliza una Geo-database (shapes): (1) Límite del polígono del área de estudio; (2) Censo de población; (3) Construcciones y/o mapa de uso de la tierra; (4) Estructuras lineales (por ejemplo: carreteras, vías férreas, etc.)

- Información de partida: VULNERABILIDAD

## FLOOD-RISK

Subdivisión entre daños tangibles (por ejemplo, daños a estructuras y contenidos, destrucción de infraestructura como los caminos) e intangibles (por ejemplo, la estimación de pérdidas de vidas humanas).

Información para estimación de daños económicos:

- Utilización de curvas de profundidad-daño (depth-damage curves) (€/m<sup>2</sup>). Relación entre niveles de inundación y daños sufridos. Posibilidad de utilizar curvas que representan las condiciones locales con las construcciones presentes.
- Posibilidad de utilizar otras curvas de referencia: HAZUS (United States), FLEMO (Germany), Rhine Atlas (Rhine basin), Flemish Model (Belgium), Multi-Coloured Manual (United Kingdom) y JRC model.
- La herramienta multiplica los porcentajes de daño (curvas de profundidad-daño) por el valor máximo del daño de propiedades (incluido en tabla de construcciones y/o uso de la tierra).

Información para estimación de población en riesgo y pérdidas de vida:

- Utilización de “Tasa de mortalidad - Fatality rate”, el cual se refiere al porcentaje de la población en riesgo que pierden la vida. Las tasas de mortalidad se basan en la gravedad de las inundaciones, el tiempo de alerta, y la calidad de advertencia.
- Para riesgos potenciales asociados sobre las inundaciones del río a la herramienta tiene implementado SUFRI (Sustainable Strategies of Urban Flood Risk Management with non-structural measures to cope with the residual risk)
- Para riesgos potenciales asociados con la falla o ruptura de las presas a la herramienta también tiene implementado US Department of Homeland Security (DHS)
- Definición de una tabla “Fatality\_Rates.csv”, donde se incluyen valores sobre: gravedad de inundaciones (valores VD; bajo, medio y alto), tiempo de alerta (horas) y calidad de advertencia.

## RESULTADOS

- Evaluación de Daños: Mapas de daños (presentan valores a través de dos bandas).
- Evaluación de Daños: Mapa de Vulnerabilidad a la propiedad residencial, comercial e industrial, (presentan valores a través de dos bandas).
- Evaluación de Daños: Tabla resumen global de los resultados que se muestran en forma gráfica (histograma).
- Evaluación de las consecuencias de la población: Mapas de población en situación de riesgo y el número de víctimas mortales potenciales (presenta dos bandas; densidad de población en riesgo y densidad de pérdidas de vida).
- Evaluación de las consecuencias de la población: Tabla resumen global de los resultados que se muestran en forma gráfica (histograma).

## REFERENCIAS DE INTERÉS

- FloodRiskGroup. FloodRisk-Doc: This Repository Contains Sample Data to Test the Plugin FloodRisk. QML, 2016. <https://github.com/FloodRiskGroup/FloodRisk-doc>.
- Albano, Raffaele, Leonardo Mancusi, Aurelia Sole, and Jan Adamowski. “FloodRisk: A Collaborative, Free and Open-Source Software for Flood Risk Analysis.” *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 8, no. 2 (December 15, 2017): 1812–32. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1388854>.
- Leonardo Mancusi, Raffaele Albano, and Aurelia Sole. “FloodRisk: A QGIS Plugin for Flood Consequences Estimation,” 2015. [http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/n12/FOSS4G-eu15\\_submission\\_128.pdf](http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/n12/FOSS4G-eu15_submission_128.pdf).
- Leonardo Mancusi, Raffaele Albano, and Andrea Abbate, “Improving flood risk analysis for effectively supporting the implementation of flood risk management plans: The case study of “Serio” Valley.” *Environmental Science & Policy* Volume 75, September 2017, Pages 158-172. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901116309728?viewFullText=true>

## HAZUR

<http://opticits.com/#hazur>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Herramienta Saas ( <i>Software as a service</i> ), ofrecido en diferentes "niveles".	Urbano	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

- HAZUR® es un software diseñado para apoyar el diseño, la implementación y la gestión de la estrategia de resiliencia de las ciudades, gracias a la intervención de expertos certificados HAZUR®.
- Para las ciudades que deben enfrentar estrés crónico y shocks agudos con presupuestos limitados, HAZUR® es la primera herramienta en línea orientada a la resistencia de la ciudad que proporciona una gestión integral de la ciudad.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

- Hazur es una herramienta gestionada por OptiCits Resiliencia Urbana, una spin-off de la empresa IQC, surgida a partir de la experiencia de esta con el Ayuntamiento de Barcelona y que desarrolla un modelo de negocio en torno a la gestión resiliente de ciudades y territorios que integra junto con la herramienta una metodología y un programa de formación y certificación para expertos en resiliencia.
- La aplicación se basa en innovadoras metodologías de diagnóstico y análisis y permite la gestión "smart" de ciudades mediante la construcción y utilización de mapas de interdependencia entre servicios

### SOPORTE/CONTACTO

OptiCits Resiliencia Urbana

Vía Augusta 390

08017 Barcelona

[www.opticits.com](http://www.opticits.com)

[info@opticits.com](mailto:info@opticits.com)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

- **REUNE TODA LA INFORMACIÓN RELEVANTE:** Mediante la introducción de la información crítica necesaria para comenzar su proceso de evaluación.
- **CREAR UNA COMUNIDAD DE GRUPOS DE INTERÉS DE RESILIENCIA:** La resiliencia se construye sobre una fuerte comunidad de resiliencia. Su implicación será crucial, y la herramienta HAZUR ayuda a involucrar a los distintos agentes y a proporcionar un lenguaje común para crear confianza y sinergias.
- **MODELA LA CIUDAD:** La ciudad es un sistema de sistemas. HAZUR permite modelar y comprender las relaciones operativas y las interdependencias entre los diferentes servicios municipales y la infraestructura relacionada. Posteriormente simula cómo responden ante cualquier impacto.

## RESULTADOS

- **MODELO DE CIUDAD: HAZUR** crea una SALA DE SITUACIONES realmente fácil de usar, que proporciona una visualización de datos en tiempo real de toda la ciudad a simple vista.

## REFERENCIAS DE INTERÉS

- **OPTICITS PRESENTA SU SOLUCIÓN HAZUR PARA LA GESTIÓN RESILIENTE DE CIUDADES JUNTO AL AYUNTAMIENTO DE BARCELONA Y ONU HABITAT:** [http://www.smartresilientgarrotxa.cat/sites/default/files/u4/nota\\_prens\\_opticits\\_esp.docx.pdf](http://www.smartresilientgarrotxa.cat/sites/default/files/u4/nota_prens_opticits_esp.docx.pdf)
- **The Experience for a Metropolis to bring Resilience to Every City Barcelona, Ignasi FONTANALS:** <https://www.slideshare.net/GRFDavos/the-experience-for-a-metropolis-to-bring-resilience-to-every-city-barcelona-ignasi-fontanals>
- **RESCCUE Project** <http://www.resccue.eu/>

## MIKE-URBAN

<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-urban>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Es una familia de productos de <i>software</i> .	Urbano ( <i>urban flooding</i> )	

## DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

- **MIKE-URBAN** permite analizar, modelar y realizar simulaciones sobre cualquier aspecto relacionado con la gestión del agua

## CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

- Es el software de modelado de aguas urbanas de referencia cuando los parámetros críticos para la selección del modelo son estabilidad, flujo de trabajo, apertura, flexibilidad, integración GIS y validez física.
- **MIKE URBAN** cubre todas las redes de agua de la ciudad en sistemas separados y combinados; incluyendo los sistemas de distribución de agua, sistemas de drenaje de precipitaciones y sistemas de recogida de residuos.
- Los diferentes productos pueden combinarse en función de las necesidades y crear soluciones específicas.

## SOPORTE/CONTACTO

DHI Spain  
Peter Torp Larsen, Managing Director, [ptl@dhi.es](mailto:ptl@dhi.es)  
Calle Arrasate 47, 2 izq., E-20005 San Sebastián,  
Tel: +34 943433235 Email: [dhi@dhi.es](mailto:dhi@dhi.es)

## ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Las herramientas y servicios disponibles para ayudar a evitar potenciales daños en las áreas urbanas debido al cambio climático:

- Análisis de riesgo de inundación urbana (MIKE FLOOD)
- Sistemas de alerta temprana –DSS *Decision Support Systems* (sistemas de ayuda a la toma de decisión)
- Radar de lluvia de alta resolución
- Adaptación urbana al cambio climático
- Guía para la evaluación de riesgo

## RESULTADOS

Aplicaciones:

### AGUA POTABLE

- Planes maestros de sistemas.
- Rehabilitación del sistema y optimización de la presión.
- Detección y reducción de fugas.
- Análisis de flujo contra incendio.

### AGUAS RESIDUALES

- Planes maestros de sistemas de drenaje.
- Gestión de la capacidad y el mantenimiento operativo.
- Optimización de procesos.
- Gestión de inundación y control de riesgos.
- Control de operaciones en tiempo real.

## REFERENCIAS DE INTERÉS

- MIKE-URBAN Product Flyer: <https://www.mikepoweredbydhi.com/-/media/shared%20content/mike%20by%20dhi/flyers%20and%20pdf/software%20flyers/cities/mikeurban-mikepoweredbydhi-productflyer-uk.pdf>
- Urban climate change - DHI Guidelines: <https://www.dhigroup.com/-/media/shared%20content/dhi/flyers%20and%20pdf/areas%20of%20expertise/climate%20change/urban-climate-change-guidelines-dhi.pdf>
- MIKE Software catalogue: <http://issuu.com/dhigroup/docs/mike-powered-by-dhi-software-catalogo?e=2270208/46739924>
- Forecasting Urban Flooding in Guadeloupe - DHI Case Story: <https://www.dhigroup.com/-/media/shared%20content/global/references/emea/case%20stories/forecasting%20urban%20flooding%20in%20guadeloupe%20-%20dhi%20case%20story.pdf>
- MIKE-FLOOD: <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-flood>
- MIKE OPERATIONS: <https://www.mikepoweredbydhi.com/areas-of-application/mike-operations>

## UMEP (Urban Multi-scale Environmental Predictor)

<http://www.urban-climate.net/umep/UMEP>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Es una herramienta <i>open source</i> , donde los usuarios pueden contribuir y ampliar la herramienta para mejorar las capacidades de modelado.	Urbano	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

- La herramienta UMEP (*Urban Multi-scale Environmental Predictor*) es un sistema de modelado acoplado que combina modelos esenciales para los procesos climáticos urbanos y se desarrolla como un extenso complemento de QGIS.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

- Está disponible gratuitamente para su descarga.
- UMEP se desarrolla como un complemento para QGIS, una aplicación multiplataforma, un sistema de información geográfica (GIS) de escritorio de código abierto y gratuito.
- UMEP tiene una amplia utilidad de aplicaciones relacionadas con el confort térmico al aire libre, el viento, el consumo de energía urbana, la mitigación del cambio climático, etc.
- Está específicamente orientada para la identificación de olas de calor y olas de frío en las ciudades. La herramienta incluye herramientas para permitir a los usuarios aportar datos atmosféricos y de superficie de múltiples fuentes, preparar datos meteorológicos para su uso en áreas urbanas, realizar simulaciones y considerar escenarios, y comparar y visualizar diferentes combinaciones de indicadores climáticos.

### SOPORTE/CONTACTO

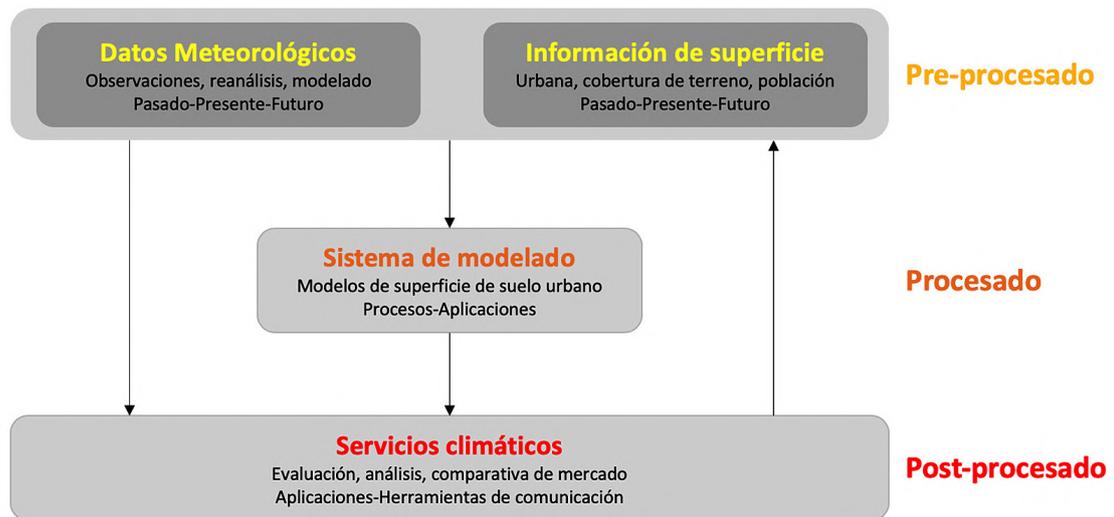
Fredrik Lindberg: [fredrikl@gvc.gu.se](mailto:fredrikl@gvc.gu.se), +46 31 786 2606

Sue Grimmond: [c.s.grimmond@reading.ac](mailto:c.s.grimmond@reading.ac). +44 118 378 6248

## ELEMENTOS QUE CONSIDERA

UMEP consiste en un sistema de modelado acoplado que combina modelos 1-D y 2-D de vanguardia con sistemas para ingresar datos de múltiples fuentes, formatos y en diferentes escalas temporales y espaciales, y para generar resultados como datos, Gráficos y mapas. La herramienta también incluye capacidades para conectarse a varias bases de datos como WUDAPT (espacial) y WATCH (meteorología).

➤ **Figura 14:** Elementos que considera y relaciones



➤ **Fuente:** adaptado de UMEP

## RESULTADOS

A continuación, se presentan ejemplos de aplicaciones para ilustrar el potencial de UMEP, específicamente en la identificación de olas de calor y olas de frío en ciudades: las implicaciones de la infraestructura verde en la escorrentía (SUEWS); estrés térmico a microescala (SOLWEIG); producción de energía solar (SEBE); y fuentes de calor antropogénico (generado por el hombre) (LQF, GQF). Cada aplicación se basa en diferentes combinaciones de herramientas UMEP.

## REFERENCIAS DE INTERÉS

- UMEP Manual <https://umep-docs.readthedocs.io/en/latest/>
- Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP): An integrated tool for city-based climate services <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815217304140?via%3Dihub>

## URBCLIM

<https://vito.be/en/product/urbclim-urban-climate-modelling>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
UrbClim es un modelo de clima urbano tridimensional, desarrollado en VITO	Urbano	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

El modelo UrbClim es único en su capacidad de simular largos periodos de tiempo con una resolución espacial alta (~ 100 m) y un costo computacional asequible, sin comprometer la precisión.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

- El modelo está compuesto por un modelo de capa límite, que está acoplado a un esquema de superficie terrestre que contiene física urbana. Habitualmente, cubriendo una aglomeración urbana completa (tamaño del dominio de unas pocas decenas de kilómetros) a una resolución espacial de unos cientos de metros, el modelo explica el efecto de las circulaciones atmosféricas a gran escala a través de la especificación de campos de forzamiento externos proporcionados por global o regional Modelos climáticos, centrados en la simulación del clima urbano como una desviación de los campos a gran escala.
- En comparación con los modelos de mesoescala completos, UrbClim hace una serie de suposiciones simplificadoras. Entre otras cosas, el modelo no calcula un gradiente de presión interno, ni representa la radiación atmosférica o la física de las nubes; en su lugar, todos estos parámetros se especifican como campos externos del modelo forcing (*host*). Como resultado, el modelo es más rápido en varios órdenes de magnitud en comparación con los modelos tradicionales de mesoescala que operan a la misma resolución, de modo que puede simular periodos bastante largos, que abarcan decenas de años, y al mismo tiempo, considerar un conjunto de modelos de forzados externos, así como varios escenarios de cambio climático y de cobertura terrestre.
- A pesar de las simplificaciones hechas en el modelo, muestra consistentemente una buena capacidad para reproducir las variables climáticas observadas. En particular, el modelo captura bien las diferencias observadas de temperatura urbano-rural, es decir, la intensidad de la isla de calor urbano, reproduciendo el tiempo, así como la magnitud de los valores máximos observados.
- Se ha desplegado con éxito en numerosas ciudades de todo el mundo durante varios proyectos nacionales e internacionales.

### SOPORTE/CONTACTO

VITO - Flemish Research & Technology Organisation Unit Environmental Studies

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

Es importante destacar que no se necesitan datos de entrada locales, todos los datos de entrada se toman de la cobertura terrestre basada en satélites internacionales, datos de sellado de vegetación y suelo y bases de datos meteorológicos.

### RESULTADOS

- El modelo se ha optimizado para evaluaciones rápidas, manteniendo la precisión a un nivel muy alto. El modelado rápido también permite resultados climatológicos a largo plazo (hasta períodos de 20 años). Los siguientes mapas pueden ser entregados:
  - Intensidad media de la isla de calor urbano.
  - Temperatura media del aire
  - Temperatura promedio del aire a medianoche (momento con la mayor diferencia de temperatura entre las áreas rurales y urbanas)
  - Número promedio de días de olas de calor según cualquier esquema de clasificación de olas de calor
  - Grado-horas de enfriamiento: número de horas por encima del umbral de temperatura del aire como indicación de la demanda de energía de enfriamiento
- El efecto de la isla de calor urbano también se puede medir.
- VITO ha demostrado su experiencia en la configuración de equipos meteorológicos (estaciones fijas, laboratorio de clima urbano móvil), en la organización de la recopilación de datos y el procesamiento de los datos en mapas e indicadores.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- De Ridder, K., and G. Schayes, 1997. The IAGL Land Surface Model, *J. Appl. Meteorol.*, 36, 167–182.
- De Ridder, K.; Bertrand, C.; Casanova, G.; Lefebvre, W. Exploring a new method for the retrieval of urban thermophysical properties using thermal infrared remote sensing and deterministic modeling. *J. Geophys. Res.* 2012, 117, 1–14.
- Demuzere, M.; De Ridder, K.; Van Lipzig, N. P. M. Modeling the energy balance in Marseille: Sensitivity to roughness length parameterizations and thermal admittance. *J. Geophys. Res.* 2008, 113, 1–19.
- [De Ridder, K; Lauwaet D. and Maiheu B. UrbClim - a fast urban boundary layer climate model. Urban Climate, 12:21-48, June 2015.](#)
- D'Ippoliti, D.; Michelozzi, P.; Marino, C.; de'Donato, F.; Menne, B.; Katsouyanni, K.; Kirchmayer, U.; Analitis, A.; Medina-Ramón, M.; Paldy, A.; et al. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environ. Health* 2010, 9, 37.
- [RAMSES Project D4.2 Agglomeration-scale urban climate and air quality projections](#)

## MASAI (CLUVA)

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Sistema web para realizar los cálculos relacionados con peligros múltiples y riesgos múltiples.	Urbano (África)	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

Herramienta de modelado de riesgo múltiple desarrollada en el proyecto CLUVA Cambio climático y vulnerabilidad urbana en África.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

Dada la complejidad de los procesos a los que se asocia el problema de riesgo múltiple, CLUVA ha desarrollado un marco de riesgo múltiple que involucra dos niveles de análisis:

- un análisis de primer nivel, en el que se realiza una evaluación de daños físicos potenciales (por ejemplo, para edificios, infraestructura y ecosistemas urbanos);
- y un análisis de segundo nivel, en el que se considera un conjunto de condiciones de contexto social que representan pérdidas indirectas.

### SOPORTE/CONTACTO

AMRA S.c. a r.l.

Via Nuova Agnano, 11. 80125 Napoli, Italy

Ph. +39 081 7685125 • Fax +39 081 7685144

info@amracenter.com

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

- El concepto de riesgo múltiple se refiere a una variedad de combinaciones de riesgo (es decir, varias combinaciones de peligros y varias combinaciones de vulnerabilidades). La perspectiva de múltiples peligros implica considerar diferentes fuentes de peligro independientes o evaluar posibles interacciones y efectos en cascada.
- Por el contrario, la perspectiva de vulnerabilidad múltiple implica considerar la respuesta de los diferentes tipos de elementos expuestos (como el entorno construido, los elementos verdes que representan los ecosistemas urbanos o el contexto social) a los efectos de los diferentes peligros considerados.

### RESULTADOS

- MASAI puede proporcionar resultados en términos de: curvas de exceso de pérdida y pérdidas anuales esperadas (o consecuencias) que se pueden usar para comparar y clasificar los riesgos, y evaluar los efectos de diferentes mapas de opciones de mitigación de riesgos que identifican puntos críticos de contextos socioeconómicos críticos
- CLUVA se ha aplicado a un área piloto en Addis-Abeba, Dar-Es-Salam, Douala, Ouagadougou y Saint-Louis.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Final Report Summary - CLUVA (CLimate change and Urban Vulnerability in Africa) [https://cordis.europa.eu/result/rcn/149273\\_en.html](https://cordis.europa.eu/result/rcn/149273_en.html)
- CLUVA CLimate change and Urban Vulnerability in Africa <http://www.cluva.eu>

## RiskScape

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
<i>software</i>	Urbano	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

Esta herramienta modela y compara impactos y pérdidas para múltiples amenazas naturales en una sola plataforma de *software*.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

- El *software* está diseñado para ayudar a las organizaciones e investigadores a estimar los impactos de los activos y las pérdidas de los peligros naturales.
- El *software* es modular; tomando un conjunto de cuatro entradas para los cálculos. Cada simulación utiliza una capa de activos, riesgos, agregación y vulnerabilidad. Los impactos y las pérdidas pueden estimarse para muchas combinaciones diferentes de peligros naturales y activos.
- RiskScape se adapta fácilmente para su uso en cualquier parte del mundo.
- Para RiskScape se ejecute correctamente, el sistema debe cumplir ciertos requisitos mínimos, relacionados con el volumen de datos que pueden utilizarse en el análisis.

### SOPORTE/CONTACTO

Contacto NIWA: Ryan Paulik

- Wellington
- Phone: +64 4-386-0601

Contacto GNS Science: Nick Horspool

- Lower Hutt
- Phone: +64 4 570 4282
- Fax: +64 4 570 4600

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

RiskScape actualmente cubre cinco tipos de peligros naturales:

- Terremotos
- inundación (río)
- tsunami
- caída de ceniza volcánica
- tormenta de viento
- inundación costera de marea de tormenta.

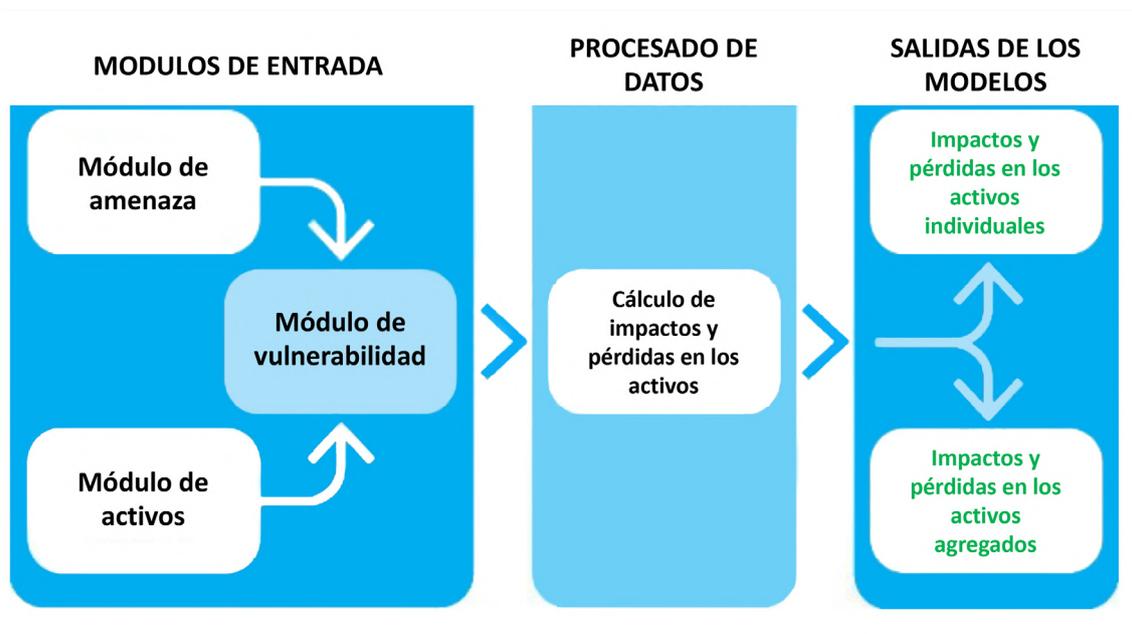
Las mejoras en un futuro próximo incluirán la extensión de la lista de peligros:

- derrumbes (tanto terremoto como precipitaciones provocadas)
- peligros volcánicos proximales (flujos piroclásticos y lahares)
- tormentas de nieve
- efectos del cambio climático

## RiskScape

El modelo tiene tres módulos de entrada clave: activo, peligro y vulnerabilidad. Los datos o modelos representados en cada módulo se combinan en un módulo de pérdidas para cuantificar los impactos y pérdidas de los activos para un evento o escenario de riesgo natural.

➤ **Figura 15:** Elementos que considera y relaciones



➤ **Fuente:** adaptado de RiskScape

## RESULTADOS

Capa de pérdida, ejemplos de estimaciones de pérdida por daño directo (costo de reparación) para edificios (individuales y agregados) expuestos a riesgos de inundaciones.

## REFERENCIAS DE INTERÉS

- RiskScape Wiki: <https://wiki.riskscape.org.nz/index.php/Overview>
- Risk Tools: Informing resilient development:
- [https://www.riskscape.org.nz/sites/default/files/RiskScape\\_Risk%20Tools\\_2017.pdf](https://www.riskscape.org.nz/sites/default/files/RiskScape_Risk%20Tools_2017.pdf)

## UNHaRMED

<http://www.bnhcrc.com.au/research/policy-economics-hazards/230>

TIPO DE DOCUMENTO	ÁMBITO DE APLICACIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
Plataforma	Urbano	

### DESCRIPCIÓN/OBJETIVO

UNHaRMED es un sistema de apoyo a la decisión espacial (DSS, por sus siglas en inglés) para los planificadores y responsables de políticas que ayudan en la reducción del riesgo de múltiples peligros naturales, transformando la planificación de la reducción del riesgo en Australia.

### CARACTERÍSTICAS/ASPECTOS DESTACADOS

El sistema de apoyo a la decisión desarrollado permite la comprensión y evaluación dinámica de los tres componentes de riesgo; exposición, vulnerabilidad y peligro, en línea con las recomendaciones recientes del Fondo Mundial para la Reducción y Recuperación de Desastres del Banco Mundial (Fraser et al, 2016).

### SOPORTE/CONTACTO

Prof Holger Maier [holger.maier@adelaide.edu.au](mailto:holger.maier@adelaide.edu.au)

Graeme Riddell [graeme.riddell@adelaide.edu.au](mailto:graeme.riddell@adelaide.edu.au)

### ELEMENTOS QUE CONSIDERA

El marco general del sistema de apoyo a la decisión:

- es capaz de abordar problemas complejos de manera sistemática y transparente;
- hace un mejor uso de las fuentes disponibles de datos e información;
- es adaptable / flexible;
- trata con objetivos múltiples y en competencia;
- identifica opciones de mitigación que representan las mejores compensaciones posibles (óptimas) entre los objetivos;
- se ocupa de la incertidumbre;
- abastece a un gran número de soluciones potenciales;
- mejora la comprensión de los efectos secundarios y los impactos de diferentes combinaciones de opciones de políticas; y
- adopta un enfoque interdisciplinario en varios campos de políticas

### RESULTADOS

La herramienta ofrece:

- Cálculo de criterios de decisión fundamentales.
- Dinámicas de exposición simuladas.
- Mapas, tablas y gráficos de visualización.
- Diversos escenarios.
- Modelos de amenazas y pérdidas para terremoto, incendios e inundación.
- Opciones de reducción de riesgo.

### REFERENCIAS DE INTERÉS

- Improved decision support for natural hazard risk reduction. Annual project report 2016-2017: <https://www.bnhcrc.com.au/research/policy-economics-hazards/230>
- UNHaRMED: Unified Natural Hazard Risk Mitigation Exploratory Decision Support System <https://www.bnhcrc.com.au/resources/poster/3704>

## 3 > Referencias



1. IPCC. WGII AR5 Technical Summary. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability [Internet]. Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5) [P. Aldunce, Omotto J.P., Raholijao N., Yasuhara K. (eds.)]; 2014. Disponible en: [http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-TS\\_FGDall.pdf](http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-TS_FGDall.pdf)
2. International Organization for Standardization. ISO/Guide 73:2009(en) Risk management — Vocabulary [Internet]. 2009. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:guide:73:ed-1:en>
3. GIZ. The Vulnerability Sourcebook. Risk Supplement [Internet]. 2017 [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb\\_dl=203](https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=203)
4. Rome, Erich, et al. IVAVIA. Guideline Impact and Vulnerability Analysis of Vital Infrastructures and built-up Areas [Internet]. 2018. Disponible en: [http://www.resin-cities.eu/fileadmin/user\\_upload/IVAVIA\\_Guideline\\_v3\\_final\\_web.compressed.pdf](http://www.resin-cities.eu/fileadmin/user_upload/IVAVIA_Guideline_v3_final_web.compressed.pdf)
5. Senge PM. La Quinta Disciplina: El Arte y la Practica de la Organizacion Abierta al Aprendizaje [Internet]. Edición: 1. Argentina; México: Ediciones Granica, S.A.; 2012. 480 p. Disponible en: <https://www.univermedios.com/wp-content/uploads/2018/08/La-quinta-disciplina-Peter-Senge-.pdf>
6. GIZ, EURAC. Suplemento de Riesgo del Libro de la Vulnerabilidad. Guía sobre cómo aplicar el enfoque del Libro de la Vulnerabilidad con el nuevo concepto de riesgo climático del IE5 del IPCC. [Internet]. 2017. Disponible en: [https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/02/GIZ\\_Risk-Supplement\\_Spanish.pdf](https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/02/GIZ_Risk-Supplement_Spanish.pdf)
7. Gareth Harrison, Lucy Cradden, John P Chick. Preliminary Assessment of Climate Change Impacts on the UK Onshore Wind Energy Resource [Internet]. 2008 [citado 28 de marzo de 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228662718\\_Preliminary\\_Assessment\\_of\\_Climate\\_Change\\_Impacts\\_on\\_the\\_UK\\_Onshore\\_Wind\\_Energy\\_Resource](https://www.researchgate.net/publication/228662718_Preliminary_Assessment_of_Climate_Change_Impacts_on_the_UK_Onshore_Wind_Energy_Resource)
8. Fundación Canal. Agua, energía y cambio climático. Tecnologías de generación eléctrica a partir de la disponibilidad de recursos hídricos en escenarios de cambio climático [Internet]. 2015. Disponible en: <http://www.fundacioncanal.com/libros-electronicos/agua-energia-cambio-climatico/index.html>
9. Rademaekers, Koen, Van der Laan, Jeroen. Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change [Internet]. 2011. Disponible en: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011\\_03\\_eur24769-en.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_03_eur24769-en.pdf)
10. Carlos Tapia, Selma Guerreiro, Richard Dawson, Beñat Abajo, Chris Kilsby, Efen Feliu, et al. High level quantified assessment of key vulnerabilities and priority risks for urban areas in the EU [Internet]. 2015 oct [citado 28 de marzo de 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/293619546\\_High\\_level\\_quantified\\_assessment\\_of\\_key\\_vulnerabilities\\_and\\_priority\\_risks\\_for\\_urban\\_areas\\_in\\_the\\_EU/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/293619546_High_level_quantified_assessment_of_key_vulnerabilities_and_priority_risks_for_urban_areas_in_the_EU/figures?lo=1)
11. Hai-Min Lyu, et al. Flood risk assessment in metro systems of mega-cities using a GIS-based modeling approach. Sci Total Environ [Internet]. 2018;626:1012-25. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718301608?via%3Dihub>
12. Sanne Muisa, et al. Flood risk and adaptation strategies under climate change and urban expansion: A probabilistic analysis using global data. Sci Total Environ [Internet]. 2015;538:445-57. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715305714>
13. Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara, Alvaro, Diaz-Sierra, Ruben, Martín-Aranda, Rosa M., Santos, Maria J. Environmental impacts of climate change adaptation. Environ Impact Assess Rev [Internet]. 2017;64:87-96. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/315443341\\_Environmental\\_impacts\\_of\\_climate\\_change\\_adaptation](https://www.researchgate.net/publication/315443341_Environmental_impacts_of_climate_change_adaptation)

14. European Financing Institutions Working Group on Adaptation to Climate Change. Integrating climate change information and adaptation in project development. Emerging Experience from Practitioners [Internet]. 2016 [citado 7 de septiembre de 2018]. Disponible en: [https://www.nib.int/filebank/a/1464860521/1aa02d50b0d-0a32744cc84e2a05b97a4/5497-2016\\_EUFI-WACC\\_experience\\_for\\_practitioners.pdf](https://www.nib.int/filebank/a/1464860521/1aa02d50b0d-0a32744cc84e2a05b97a4/5497-2016_EUFI-WACC_experience_for_practitioners.pdf)
15. Olsen R, Ayyub B, Walker D, Barros A, Medina M, S. Vinson T, et al. Adapting Infrastructure and Civil Engineering Practice to a Changing Climate. 2015.
16. European Commission. Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient — Climate-ADAPT [Internet]. 2013 [citado 17 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/guidelines-for-project-managers-making-vulnerable-investments-climate-resilient>
17. Wilby, Robert L., Dessai, Suraje. Robust adaptation to climate change. Weather [Internet]. 2010;65(7):180-5. Disponible en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wea.543>
18. Dicovskiy Riobóo, Luis María. Estadística Básica [Internet]. 2008. Disponible en: [http://frfq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/2101/mod\\_resource/content/0/DEPOSITO\\_DE\\_MATERIALES/estadistica1\\_1\\_.pdf](http://frfq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/2101/mod_resource/content/0/DEPOSITO_DE_MATERIALES/estadistica1_1_.pdf)
19. Coles S, Pericchi LR, Sisson S. A fully probabilistic approach to extreme rainfall modeling. J Hydrol [Internet]. 1 de enero de 2003;273(1-4):35-50. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169402003530>
20. NOAA. Multivariate ENSO Index Version 2 [Internet]. 2019. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>
21. NOAA. Historical El Niño / La Niña episodes (1950-present) [Internet]. Climate Prediction Centre: Cold & Warm Episodes by Season. [citado 27 de junio de 2019]. Disponible en: [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)
22. Detlef P. van Vuuren, Edmonds, J., Kainuma, M., et al. The representative concentration pathways: an overview. Clim Change [Internet]. 2011; Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0148-z>
23. IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014 p. 32. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
24. ENES. CMIP5 Models and Grid Resolution [Internet]. CMIP5 Models and Grid Resolution. 2016 [citado 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://portal.enes.org/data/enes-model-data/cmip5/resolution>
25. Giorgi, Filippo, Gutowski Jr., William J. Regional Dynamical Downscaling and the CORDEX Initiative. Annu Rev Environ Resour [Internet]. 2015;40(467-490). Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-102014-021217>
26. UCAR. Network Common Data Form (NetCDF) [Internet]. [citado 19 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>
27. World Meteorological Organization. Satellite Data Formats and Standards [Internet]. [citado 19 de agosto de 2019]. Disponible en: [http://www.wmo.int/pages/prog/sat/formatsandstandards\\_en.php](http://www.wmo.int/pages/prog/sat/formatsandstandards_en.php)
28. Knutti R, Masson D, Gettelman A. Climate model genealogy: Generation CMIP5 and how we got there. Geophys Res Lett [Internet]. 2013 [citado 27 de junio de 2019];40(6):1194-9. Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/grl.50256>
29. Maraun D, Wetterhall F, Ireson AM, Chandler RE, Kendon EJ, Widmann M, et al. Precipitation downscaling under climate change: Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user. Rev Geophys. 24 de septiembre de 2010;48(3):RG3003-34.

- 30.** Maraun D. Bias Correction, Quantile Mapping, and Downscaling: Revisiting the Inflation Issue. *J Clim.* marzo de 2013;26(6):2137-43.
- 31.** Maraun D, Widmann M, Gutiérrez JM, Kotlarski S, Chandler RE, Hertig E, et al. VALUE: A framework to validate downscaling approaches for climate change studies. *Earths Future.* 1 de enero de 2015;3(1):1-14.
- 32.** Maraun D. Bias Correcting Climate Change Simulations - a Critical Review. *Curr Clim Change Rep.* 26 de octubre de 2016;1-10.
- 33.** Maraun D, Shepherd TG, Widmann M, Zappa G, Walton D, Gutiérrez JM, et al. Towards process-informed bias correction of climate change simulations. *Nat Clim Change.* 2 de noviembre de 2017;7(11):664-773.
- 34.** Maraun D, Huth R, Gutiérrez JM, Martín DS, Dubrovsky M, Fischer A, et al. The VALUE perfect predictor experiment: evaluation of temporal variability. *Int J Climatol* [Internet]. 2017 [citado 10 de noviembre de 2018];0(0). Disponible en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.5222>
- 35.** Charron, I., et al. Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions [Internet]. 2016 [citado 10 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Guidebook-2016.pdf>
- 36.** Yuan-Fong Su, et al. Bias Correction of MRI-WRF Dynamic Downscaling Datasets. *Terr Atmos Ocean Sci.* octubre de 2016;27(5):649-57.
- 37.** Akaike, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans Autom Control* [Internet]. diciembre de 1974;19(6):716-23. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-1694-0\\_16](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-1694-0_16)
- 38.** National Oceanic and Atmospheric Administration. National Oceanic and Atmospheric Administration [Internet]. [citado 23 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://www.noaa.gov/>
- 39.** Jenner L. GPM - Global Precipitation Measurement [Internet]. NASA. 2015 [citado 23 de noviembre de 2018]. Disponible en: [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/GPM/main/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/GPM/main/index.html)
- 40.** Saha S, Moorthi S, Pan H-L, Wu X, Wang J, Nadiga S, et al. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bull Am Meteorol Soc.* 23 de abril de 2010;91(8):1015-58.
- 41.** National Aeronautics and Space Administration. MERRA-2 [Internet]. [citado 27 de junio de 2019]. Disponible en: <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>
- 42.** Guillory A. ERA5 [Internet]. ECMWF. 2017 [citado 27 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>
- 43.** National Center for Atmospheric Research(Eds). Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) [Internet]. Climate Data. 2017 [citado 27 de junio de 2019]. Disponible en: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/climate-forecast-system-reanalysis-cfsr>
- 44.** ESRL. NCEP/NCAR Reanalysis 1: Summary [Internet]. NCEP/NCAR Reanalysis 1: Summary. [citado 9 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>
- 45.** Laboratorio Nacional Lawrence Livermore. CMIP5 - Overview [Internet]. [citado 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://cmip.llnl.gov/cmip5/>
- 46.** IPCC. IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,: Cambridge University Press,; 2014 p. 1-32.
- 47.** Earth System Grid Federation. ESGF Home Page [Internet]. [citado 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://esgf.llnl.gov/>
- 48.** World Climate Research Programme. CMIP Phase 6 [Internet]. CMIP Phase 6 (CMIP6). Disponible en: <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip6>
- 49.** Varios autores. Cordex – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment [Internet]. [citado 23 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.cordex.org/>

- 50.** National Aeronautics and Space Administration. Advancing Research and Applications with NASA Climate Model Data [Internet]. NASA Climate Data Services. [citado 23 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://www.nas.nasa.gov/SC14/demos/demo30.html>
- 51.** Copernicus Climate Change Service. The Climate Data Store [Internet]. [citado 23 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://climate.copernicus.eu/climate-data-store>
- 52.** IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Final Draft IPCC WGII AR5 [Internet]. 2014 p. 2593. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- 53.** IDEAM. 3ra Comunicación Cambio Climático - IDEAM [Internet]. 2017 [citado 23 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico>
- 54.** Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera. Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático - Capítulo 3: Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones [Internet]. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación; 2016. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/comunicacionnacional/tercera/modelos>
- 55.** IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería Colombia. Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011- 2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones– Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. [Internet]. 2015. Disponible en: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento\\_nacional\\_departamental.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf)
- 56.** IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería de Colombia. Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura para Colombia 2011-2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Estudio Técnico Completo: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. [Internet]. 2015. Disponible en: <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/escenarios-de-cambio-climatico-2015.pdf>
- 57.** Ministerio del Ambiente (Perú). El Perú y el Cambio Climático - Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático [Internet]. 2016. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc3.pdf>
- 58.** Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela [Internet]. 2005. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/vennc01.pdf>
- 59.** Ray, Patrick A., et al. Multidimensional stress test for hydropower investments facing climate, geophysical and financial uncertainty. *Glob Environ Change* [Internet]. 2017;48:168-81. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.013>
- 60.** Jorge Paz, Manuel del Jesus, Rafael Kelman, Salvador Navas, Lucas Okamura, Efrén Feliu. Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de los sistemas hidroeléctricos en los países andinos [Internet]. Banco Interamericano de Desarrollo; 2019. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-y-medidas-de-adaptacion-de-los-sistemas-hidroelectricos-en-los>
- 61.** Shankar N. Chandramowli. Impact of Climate Change on Electricity Systems and Markets - A Review of Models and Forecasts. *Sustain Energy Technol Assess* [Internet]. 2014 [citado 3 de abril de 2019];5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138813000805>
- 62.** Hdidouan D, Staffell I. The impact of climate change on the levelised cost of wind energy. *Renew Energy* [Internet]. 2017 [citado 9 de octubre de 2018];101:575-92. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148116307856>
- 63.** Riahi, Keywan. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Glob Environ Change* [Internet]. 2017;42(January):153-68. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016300681?via%3Dihub>

- 64.** O'Neill, Brian C., et al. The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. 2015; Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378015000060?via%3Dihub>
- 65.** IIASA Energy Program. SSP Database (Shared Socioeconomic Pathways) - Version 1.1 [Internet]. Disponible en: <https://tntcat.iiasa.ac.at/>
- 66.** Schwartz MW. Using niche models with climate projections to inform conservation management decisions. *Biol Conserv* [Internet]. 2012 [citado 26 de noviembre de 2018];155:149-56. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320712002807>
- 67.** Garcia RA, Cabeza M, Rahbek C, Araújo MB. Multiple Dimensions of Climate Change and Their Implications for Biodiversity. *Science* [Internet]. 2014 [citado 26 de noviembre de 2018];344(6183):1247579. Disponible en: <http://science.sciencemag.org/content/344/6183/1247579>
- 68.** Hughes L, Cawsey EM, Westoby M. Climatic Range Sizes of Eucalyptus Species in Relation to Future Climate Change. *Glob Ecol Biogeogr Lett* [Internet]. 1996 [citado 26 de noviembre de 2018];5(1):23-9. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2997467>
- 69.** Ramirez-Villegas J, Salazar M, Jarvis A, Navarro-Racines CE. A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050. *Clim Change* [Internet]. 1 de diciembre de 2012 [citado 26 de noviembre de 2018];115(3):611-28. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0500-y>
- 70.** Solano-Peralt, Mauricio. Estado actual de la energía solar fotovoltaica en Latinoamérica y el Caribe [Internet]. 2015. Disponible en: <http://expertosenred.olade.org/wp-content/uploads/sites/7/2015/04/ESTADO-ACTUAL-ENERGIA-SOLAR-LAC-ER.pdf>
- 71.** Roshen Tariq Ahmed Hamdi. Humidity impact on photovoltaic cells performance: A review. *Int J Recent Eng Res Dev IJRERD* [Internet]. 2018 [citado 20 de agosto de 2019];03(11):27-37. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/329425029\\_Humidity\\_impact\\_on\\_photovoltaic\\_cells\\_performance\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/329425029_Humidity_impact_on_photovoltaic_cells_performance_A_review)
- 72.** Julia A. Crook. Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output. *ResearchGate* [Internet]. 2011 [citado 9 de octubre de 2018]; Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/255752213\\_Climate\\_change\\_impacts\\_on\\_future\\_photovoltaic\\_and\\_concentrated\\_solar\\_power\\_energy\\_output](https://www.researchgate.net/publication/255752213_Climate_change_impacts_on_future_photovoltaic_and_concentrated_solar_power_energy_output)
- 73.** Seth B. Darling, Fengqi You, Fengqi You, Thomas Veselka. Assumptions and the levelized cost of energy for photovoltaics. *Energy Environ Sci* [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]; Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/255748938\\_Assumptions\\_and\\_the\\_levelized\\_cost\\_of\\_energy\\_for\\_photovoltaics](https://www.researchgate.net/publication/255748938_Assumptions_and_the_levelized_cost_of_energy_for_photovoltaics)
- 74.** Jerez S, Tobin I, Vautard R, Montávez JP, López-Romero JM, Thais F, et al. The impact of climate change on photovoltaic power generation in Europe. *Nat Commun* [Internet]. 2015 [citado 9 de octubre de 2018];6(1). Disponible en: <http://www.nature.com/articles/ncomms10014>
- 75.** Panagea IS, Tsanis IK, Koutroulis AG, Grilakis MG. Climate Change Impact on Photovoltaic Energy Output: The Case of Greece [Internet]. *Advances in Meteorology*. 2014 [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/amete/2014/264506/>
- 76.** K.Brunker, et al. A Review of Solar Photovoltaic Levelized Cost of Electricity. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. noviembre de 2011 [citado 2 de abril de 2019];15(9):4470-82. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/304090739\\_A\\_Review\\_of\\_Solar\\_Photo-voltaic\\_Levelized\\_Cost\\_of\\_Electricity](https://www.researchgate.net/publication/304090739_A_Review_of_Solar_Photo-voltaic_Levelized_Cost_of_Electricity)
- 77.** The European Wind Energy Association. Wind Energy. The facts [Internet]. Disponible en: <https://www.wind-energy-the-facts.org/best-practice-for-accurate-wind-speed-measurements.html>
- 78.** Danish Wind Industry Association. Conceptos de energía eólica [Internet]. 2003 [citado 3 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://xn--drmsttre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/stat/unitsw.htm#roughness>

- 79.** Suad Hassan Danook. The impact of humidity on performance of wind turbine. 2019;14. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X19300589>
- 80.** Paredes, J. Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: Complementariedad en Colombia [Internet]. 2017. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17221/energias-renovables-variables-y-su-contribucion-la-seguridad-energetica>
- 81.** Olauson, Jon. ERA5: The new champion of wind power modelling? *Renew Energy* [Internet]. 2018;126. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320084119\\_ERA5\\_The\\_new\\_champion\\_of\\_wind\\_power\\_modelling](https://www.researchgate.net/publication/320084119_ERA5_The_new_champion_of_wind_power_modelling)
- 82.** Stadler S, Dryden JM, Greene JS. Climate Change Impacts on Oklahoma Wind Resources: Potential Energy Output Changes. *Resources* [Internet]. junio de 2015 [citado 2 de abril de 2019];4(2):203-26. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-9276/4/2/203>
- 83.** Tobin I, Vautard R, Balog I, Bréon F-M, Jerez S, Ruti P, et al. Assessing climate change impacts on European wind energy from ENSEMBLES high-resolution climate projections. *Clim Change* [Internet]. 2015;128(1-2):99-122. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/269468084\\_Assessing\\_climate\\_change\\_impacts\\_on\\_European\\_wind\\_energy\\_from\\_ENSEMBLES\\_high-resolution\\_climate\\_projections](https://www.researchgate.net/publication/269468084_Assessing_climate_change_impacts_on_European_wind_energy_from_ENSEMBLES_high-resolution_climate_projections)
- 84.** MacLeod D, Torralba V, Davis M, Doblas-Reyes F. Transforming climate model output to forecasts of wind power production: how much resolution is enough?: Transforming climate model output to wind power forecasts. *Meteorol Appl* [Internet]. 2018 [citado 2 de abril de 2019];25(1):1-10. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/met.1660>
- 85.** Alvarez Marivela, Nieves. Proyecto de diseño, construcción y explotación de un parque eólico [Internet]. 2009. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/190932972/PFC-Nieves-Alvarez-Marivela>
- 86.** Sara C Pryor, et al. Analyses of possible changes in intense and extreme wind speeds over Northern Europe under climate change scenarios. *Clim Dyn* [Internet]. 2012 [citado 26 de noviembre de 2018];38:189-208. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/227303071\\_Analyses\\_of\\_possible\\_changes\\_in\\_intense\\_and\\_extreme\\_wind\\_speeds\\_over\\_Northern\\_Europe\\_under\\_climate\\_change\\_scenarios](https://www.researchgate.net/publication/227303071_Analyses_of_possible_changes_in_intense_and_extreme_wind_speeds_over_Northern_Europe_under_climate_change_scenarios)
- 87.** Pryor SC, Barthelmie RJ. Climate change impacts on wind energy: A review. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 1 de enero de 2010 [citado 9 de octubre de 2018];14(1):430-7. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109001713>
- 88.** Mölter T, Schindler D, Albrecht AT, Kohle U. Review on the Projections of Future Storminess over the North Atlantic European Region. *Atmosphere* [Internet]. abril de 2016 [citado 2 de abril de 2019];7(4):60. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4433/7/4/60>
- 89.** Holbein T. IEA Wind TCP Recommended Practice 13 2nd Edition: Wind Energy in Cold Climates. :49. Disponible en: <https://community.ieawind.org/publications/rp>
- 90.** Mohamed Abbes, Jamel Belhadj. Development of a methodology for wind energy estimation and wind park design. *J Renew Sustain Energy* [Internet]. 2014 [citado 2 de abril de 2019];6(053103). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/265685968\\_Development\\_of\\_a\\_methodology\\_for\\_wind\\_energy\\_estimation\\_and\\_wind\\_park\\_design](https://www.researchgate.net/publication/265685968_Development_of_a_methodology_for_wind_energy_estimation_and_wind_park_design)
- 91.** Agencia Andaluza de la Energía. Guía técnica: Energía Minieólica [Internet]. 2011 [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: [https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/guia\\_tecnica\\_energia\\_minieolica.pdf](https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/guia_tecnica_energia_minieolica.pdf)
- 92.** Nachtergaele FO, et al. Harmonized World Soil Database [Internet]. Harmonized World Soil Database. 2009 [citado 21 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/8958/>
- 93.** International Food Policy Research Institute. Global high-resolution soil profile database for crop modeling applications [Internet]. [citado 27 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.ifpri.org/publication/global-high-resolution-soil-profile-database-crop-modeling-applications>

- 94.** Gayathri K.Devia, et al. A Review on Hydrological Models. *Aquat Procedia* [Internet]. 2015;4. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214241X15001273>
- 95.** Biswas, Asit K. Some thoughts on estimating spillway design flood. *Hydrol Sci J* [Internet]. 1971;16(4):63-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02626667109493786>
- 96.** Leslie, Jacques. In an Era of Extreme Weather, Concerns Grow Over Dam Safety [Internet]. 2019 [citado 8 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://e360.yale.edu/features/in-an-era-of-extreme-weather-concerns-grow-over-dam-safety>
- 97.** Le Page, Michael. The world's ageing dams are not built for ever more extreme weather [Internet]. 2019 [citado 8 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.newscientist.com/article/2212427-the-worlds-ageing-dams-are-not-built-for-ever-more-extreme-weather/>
- 98.** Hari Prasad Neopane. Sediment erosion in Hydro Turbines [Internet]. Norwegian University of Science and Technology (NTNU).; 2010. Disponible en: [http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/233519/326677\\_FULLTEXT01.pdf?sequence=1](http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/233519/326677_FULLTEXT01.pdf?sequence=1)
- 99.** Biraj SinghThapa, BholaThapa, Ole G.Dahlhaug. Empirical modelling of sediment erosion in Francis turbines. *Energy* [Internet]. 2012;41(1):386-91. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544212001806>
- 100.** Bajracharya, T.R., Acharya, B., Joshi, C.B., Saini, R.P., Dahlhaug, O.G. Sand erosion of Pelton turbine nozzles and buckets: A case study of Chilime Hydropower Plant. *Wear* [Internet]. 2008;264(3-4):177-84. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164807004279>
- 101.** Rai AKr, Kumar A. Analyzing hydro abrasive erosion in Kaplan turbine: A case study from India. *J Hydrodyn Ser B* [Internet]. 1 de octubre de 2016 [citado 8 de mayo de 2019];28(5):863-72. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S100160581660687X>
- 102.** Lentini, Emilio. El futuro de los servicios de agua y saneamiento en América Latina. Desafíos de los operadores de áreas urbanas de más de 300.000 habitantes. [Internet]. Banco Interamericano de Desarrollo; 2015 [citado 22 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15452/el-futuro-de-los-servicios-de-agua-y-saneamiento-en-america-latina-desafios-de>
- 103.** McKee, T.B, et al. Eighth Conference on Applied Climatology. En Anaheim, California,; 1993. Disponible en: [ccc.atmos.colostate.edu/relationshipofdroughtfrequency.pdf](http://ccc.atmos.colostate.edu/relationshipofdroughtfrequency.pdf).
- 104.** Lloyd-Hughes, Benjamin, Saunders, Mark A. A drought climatology for Europe. *Int J Climatol* [Internet]. 17 de junio de 2002;22(13):1571-92. Disponible en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/joc.846>
- 105.** Alexander, L.V, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Clim Dyn* [Internet]. 2006;111(D5). Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005JD006290>
- 106.** Aiguo Dai. Drought Under Global Warming: A Review. *WIREs Clim Change* [Internet]. 2010;2(1):45-65. Disponible en: [http://www.cgd.ucar.edu/cas/adai/papers/Dai-drought\\_WIRES2010.pdf](http://www.cgd.ucar.edu/cas/adai/papers/Dai-drought_WIRES2010.pdf)
- 107.** Burke, Eleanor, Brown, Simon J. Evaluating Uncertainties in the Projection of Future Drought. *J Hydrometeorol* [Internet]. 2008;9(2):292-9. Disponible en: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/2007JHM929.1>
- 108.** Guerreiro, Selma, et al. Future heatwaves, droughts and floods in 571 European cities. *Environ Res Lett* [Internet]. 2018;13(3). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/323296484\\_Future\\_heat-waves\\_droughts\\_and\\_floods\\_in\\_571\\_European\\_cities](https://www.researchgate.net/publication/323296484_Future_heat-waves_droughts_and_floods_in_571_European_cities)
- 109.** Angelos N. Findikakis, Kamal El kadi Abderrezzak. Reservoir sedimentation: challenges and management strategies. *hydrolink* [Internet]. 2018;3/2018:66. Disponible en: <https://iahr.org/PDF/Journals/Hydrolink/2018%20issue3%20free%20access/Editorial.pdf>

- 110.** Ahmed Moustafa A. Moussa. Solving the problem of sedimentation at water intake of Rowd El-Farag pump station using 2D model. *Ain Shams Eng J* [Internet]. 2010;1(2):103-14. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447911000037>
- 111.** Peréa Serrano, Rodrigo Otávio, et al. Case study: Effects of sediment concentration on the wear of fluvial water pump impellers on Brazil's Acre River. *Wear* [Internet]. agosto de 2018;408–409(15):131-7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164817317131?viewFullText=true>
- 112.** Zhengjing Shen, et al. Sediment erosion in the impeller of a double-suction centrifugal pump—A case study of the Jingtai Yellow River Irrigation Project, China. *Wear* [Internet]. 2019;269-79. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164818311657>
- 113.** Comisión Nacional del Agua (México). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado [Internet]. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Desconocida [citado 22 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- 114.** Magalhaes, Antonio. Towards national drought policies in Latin America and the Caribbean Region. White paper. [Internet]. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD); 2018 [citado 23 de agosto de 2019]. Disponible en: [https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2018-04/LAC\\_drought\\_white\\_paper\\_0.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2018-04/LAC_drought_white_paper_0.pdf)
- 115.** Meza, Laura, Corso, Sandrine, Soza, Sebastián. Gestión del riesgo de sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile. Estudio Piloto sobre la Vulnerabilidad y la Gestión Local del Riesgo [Internet]. FAO; 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as447s.pdf>
- 116.** Reed, B., Shaw, R., Chatterton, K. Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies. [Internet]. World Health Organization (WHO), Water, Engineering and Development Centre (WEDC); 2013 [citado 28 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/1825>
- 117.** Torres-Navarro, Carlos Alonso, Malta-Callegeri, Nelson, Arriagada-Vergara, Rocío, Rocio Arriagada-Vergara. Metodología para cuantificar costos de distribución de agua potable en zonas rurales. *Ing Ind* [Internet]. 2019 [citado 28 de agosto de 2019];40(1):88-96. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rii/v40n1/1815-5936-rii-40-01-88.pdf>
- 118.** European Environment Agency. Adaptation of transport to climate change in Europe [Internet]. 2014. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>
- 119.** C40 Knowledge Hub. Reducing climate change impacts on mass transit [Internet]. 2019 [citado 11 de diciembre de 2019]. Disponible en: [https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Reducing-climate-change-impacts-on-mass-transit?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Reducing-climate-change-impacts-on-mass-transit?language=en_US)
- 120.** RESIN-H2020 [Internet]. 2018. Disponible en: <http://www.resin-cities.eu>
- 121.** Agnew M., Goodess, C. RL11.2 Common Tools and Central Datasets: Developing a conceptual framework [Internet]. CIRCE project, <http://www.circeproject.eu/>; 2016 [citado 30 de noviembre de 2016]. Disponible en: [https://cru-data.uea.ac.uk/projects/circe/concept\\_framework\\_2ndDRAFT.doc](https://cru-data.uea.ac.uk/projects/circe/concept_framework_2ndDRAFT.doc)
- 122.** Gariano, Stefano Luigi. Landslides in a changing climate. *Earth-Sci Rev* [Internet]. 2016;162(Noviembre 2016):227-52. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825216302458?viewFullText=true>
- 123.** Escobar Potes, et al. Geotecnia para el trópico andino [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2016. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/>
- 124.** Crozier, M.J. Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review. *Geomorphology* [Internet]. diciembre de 2010;124(3-4):260-7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X10001881?via%3Dihub>

- 125.** Ouyang M. Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems. *Reliab Eng Syst Saf* [Internet]. enero de 2014 [citado 12 de noviembre de 2015];121:43-60. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832013002056>
- 126.** Michelle Davis. Power Failure. How Climate Change Puts Our Electricity at Risk and What We Can Do [Internet]. 2014 [citado 12 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.ucsusa.org/resources/power-failure>
- 127.** University of Bath et al. The ECONADAPT Toolbox - Economics for adaptation and decision-making [Internet]. [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://econadapt-toolbox.eu/>
- 128.** David N. Bresch, Lea Mueller. Climada: The open-source Economics of Climate Adaptation (ECA) tool | PreventionWeb.net [Internet]. [citado 9 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://github.com/davidnbresch/climada/wiki>
- 129.** The European Climate Adaptation Platform (Climate-ADAPT). The Urban Adaptation Support Tool [Internet]. 2019. Disponible en: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-ast/step-0-0>
- 130.** Marjolijn Haasnoot, et al. Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Glob Environ Change* [Internet]. 2013;23(2):485-98. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937801200146X>
- 131.** The ECONADAPT consortium. ECONADAPT Toolbox: Methods [Internet]. [citado 11 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://econadapt-toolbox.eu/methods>
- 132.** Kwakkel JH, Haasnoot M, Walker WE. Comparing Robust Decision-Making and Dynamic Adaptive Policy Pathways for model-based decision support under deep uncertainty. *Environ Model Softw* [Internet]. 1 de diciembre de 2016 [citado 18 de septiembre de 2018];86:168-83. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815216307186>
- 133.** Sherman, Peter, Chen, Xinyu, McElroy, Michael B. Wind-generated Electricity in China: Decreasing Potential, Inter-annual Variability and Association with Changing Climate *Scientific Reports* volume 7, Article number: 16294 (2017) | Download Citation. *Sci Rep* [Internet]. 2017;7. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-16073-2>
- 134.** Karnauskas, Kristopher B., et al. Southward shift of the global wind energy resource under high carbon dioxide emissions. *Nat Geosci* [Internet]. 2017;11(2017):38-43. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41561-017-0029-9>
- 135.** International Energy Agency. Making the energy sector more resilient to climate change [Internet]. 2015. Disponible en: [www.iea.org](http://www.iea.org)
- 136.** Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara Á. Consideración del cambio climático en la evaluación de impacto ambiental de infraestructuras lineales de transporte. 2017 [citado 29 de agosto de 2019]; Disponible en: <http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:ED-Pg-Ciencias-Aenriquez>
- 137.** IPCC. Annex II: Glossary In: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. [Internet]. Geneva, Switzerland: IPCC; 2014 [citado 19 de julio de 2018]. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_Glossary.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf)
- 138.** Feliu, E., García, G., Gutierrez, L., Abajo, B., Mendizabal, M., Tapia, C., et al. Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático. Volumen II: Bloque 3. Herramientas y metodologías [Internet]. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid; 2015 [citado 26 de octubre de 2016]. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia\\_local\\_para\\_adaptacion\\_cambio\\_climatico\\_en\\_municipios\\_espanoles\\_vol\\_2\\_tcm7-430401.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia_local_para_adaptacion_cambio_climatico_en_municipios_espanoles_vol_2_tcm7-430401.pdf)

- 139.** IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014. 688 p.
- 140.** IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014 [citado 28 de enero de 2016]. Disponible en: [https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartA\\_FINAL.pdf](https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf)
- 141.** Naden, Clare. Building standards for the future we want [Internet]. 2018. Disponible en: <https://www.iso.org/news/ref2289.html>
- 142.** Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. [Internet]. Montreal; 2009 [citado 19 de julio de 2018] p. No. 41, 126 pages. (Technical Series). Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-41-en.pdf>
- 143.** International Organization for Standardization (ISO). Draft International Standard - ISO/DIS 14090. Adaptation to climate change. Principles, requirements and guidelines. 2018.
- 144.** GIZ. The Vulnerability Sourcebook. Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments [Internet]. 2014 [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb\\_dl=203](https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=203)
- 145.** Lemos MC, Agrawal A, Eakin HC, Nelson, D.R., Engle NL, Johns O. Building Adaptive Capacity to Climate Change in Less Developed Countries [Internet]. In: G. R. Asrar and J. W. Hurrell (eds.). Climate Science for Serving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities. Springer Netherlands. 2013 [citado 17 de julio de 2017]. pp. 437-457. Disponible en: [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wcrp\\_2011-lemos.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wcrp_2011-lemos.pdf)
- 146.** IPCC. Informe Especial del IPCC sobre Uso de la Tierra, Cambio de Uso y Silvicultura [Internet]. 2000 [citado 20 de julio de 2018]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-sp.pdf>
- 147.** IPCC, Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug T, Kruger, D., et al. Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-Induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types. [Internet]. 2013 [citado 20 de julio de 2018]. Disponible en: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_files/Task2/Degradation\\_cover.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Task2/Degradation_cover.pdf)
- 148.** World Commission on Environment and Development. World Commission on Environment and Development, 1987 [Internet]. World Commission on Environment and Development; [citado 19 de julio de 2018]. Report No.: Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, 1987. Disponible en: [http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Desarrollosostenible/Documents/Informe%20Brundtland%20\(En%20ingl%C3%A9s\).pdf](http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Desarrollosostenible/Documents/Informe%20Brundtland%20(En%20ingl%C3%A9s).pdf)
- 149.** Walter V. Reid, et al. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being [Internet]. Island Press (Washington, DC); 2005. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>
- 150.** IPCC. Informe Especial del IPCC. Escenarios de Emisiones. Resumen para responsables de políticas. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC [Internet]. 2000. Disponible en: <https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>
- 151.** ISO. ISO DIS 14090 [Internet]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/68507.html>
- 152.** Anónimo. Período de retorno. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2018 [citado 20 de julio de 2018]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Per%C3%ADodo\\_de\\_retorno&oldid=107147166](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Per%C3%ADodo_de_retorno&oldid=107147166)
- 153.** Annika E. Nilsson, Arctic Council. Arctic Resilience Interim Report 2013. [Internet]. Stockholm: Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre; 2013 [citado 19 de julio de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/146098796/ArcticResilienceInterimReport2013-LowRes>

- 154.** Richard Moss, Mustafa Babiker, Sander Brinkman, Eduardo Calvo, Tim Carter, Jae Edmonds, Ismail Elgizouli, Seita Emori, Lin Erda, Kathy Hibbard, Roger Jones, Mikiko Kainuma, Jessica Kelleher, Jean Francois Lamarque, Martin Manning, Ben Matthews, Jerry Meehl, Leo Meyer, John Mitchell, Nebojsa Nakicenovic, Brian O'Neill, Ramon Pichs, Keywan Riahi, Steven Rose, Paul Runci, Ron Stouffer, Detlef van Vuuren, John Weyant, Tom Wilbanks, Jean Pascal van Ypersele, and Monika Zurek, 2008. Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies . Technical Summary. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 25 pp [Internet]. [citado 19 de julio de 2018]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-ts-scenarios.pdf>
- 155.** Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA, Manning MR, Rose SK, van Vuuren DP, et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* [Internet]. 11 de febrero de 2010;463:747. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nature08823>
- 156.** IPCC. Annex I: Glossary. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. [Internet]. IPCC; 2018. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15\\_AnnexI\\_Glossary.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_AnnexI_Glossary.pdf)
- 157.** Swiss Re. Economics of Climate Adaptation | Swiss Re - Leading Global Reinsurer [Internet]. 2015 [citado 9 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.swissre.com/eca/>
- 158.** Hinkel, Jochen, Bharwani, Sukaina, Bisaró, Alexander, Carter, Timothy, Tracy Cull, Davis, Marion, et al. PROVIA Guidance on Assessing Vulnerability, Impacts and Adaptation to Climate Change | UNDP's Climate Change Adaptation Portal [Internet]. 2013 [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: </resources/training-tools/provia-guidance-assessing-vulnerability-impacts-and-adaptation-climate>
- 159.** Universidad de Los Andes (Colombia). CAPRA. Probabilistic Risk Assessment Platform [Internet]. 2018 [citado 8 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://ecapra.org/>
- 160.** Partnership for Resilience and Preparedness (PREP). Visualizing data to build climate resilience [Internet]. 2016 [citado 8 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.prepdata.org/>
- 161.** Agus Wibowo, Charlotte Morgan, Vivien Deparday, Tim Sutton. InaSAFE [Internet]. 2018 [citado 8 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://inasafe.org/>
- 162.** Hamden, Rohan, Mallon, Karl, Lamb, Jackie. XDI - Home [Internet]. [citado 8 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://xdi.systems/>
- 163.** UNFCCC. Cancun Adaptation Framework | United Nations System Chief Executives Board for Coordination [Internet]. [citado 10 de septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.unsystem.org/content/unfccc-cancun-adaptation-framework>
- 164.** Forzieri, Giovanni, Bianchi, Alessandra, Marín Herrera, Mario Alberto, Batista e Silva, Filipe, Feyen, Luc, Lavallo, Carlo. Resilience of large investments and critical infrastructures in Europe to climate change - EU Science Hub - European Commission [Internet]. EU Science Hub. 2015 [citado 5 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/resilience-large-investments-and-critical-infrastructures-europe-climate-change>
- 165.** Acclimatise, Four Twenty Seven, Climate Finance Advisors. Lenders guide for considering climate risk in infrastructure investments [Internet]. 2018 [citado 7 de septiembre de 2018]. Disponible en: [http://www.adaptationlearning.net/sites/default/files/resource-files/Investment%20Guide\\_1.8%20single%20hi-q\\_17012018.pdf](http://www.adaptationlearning.net/sites/default/files/resource-files/Investment%20Guide_1.8%20single%20hi-q_17012018.pdf)
- 166.** Luskova, Maria, Leitner, Bohus, Sventekova, Eva, Dvorak, Zdenek. Research of Extreme Weather Impact on Critical Infrastructure. 2018 [citado 7 de septiembre de 2018]; Disponible en: <http://bk.bgk.uni-obuda.hu/index.php/BK/article/view/19/16>

**167.** European Commission. Climate Change and Major Projects. Outline of the climate change related requirements and guidance for major projects in the 2014-2020 programming period [Internet]. 2016 [citado 10 de septiembre de 2018]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/major\\_projects\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/major_projects_en.pdf)

**168.** Mazzacurati et al. Four Twenty Seven y Acclimatise para el European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). Advancing TCFD Guidance on Physical climate Risks and opportunities [Internet]. 2018 [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: [http://427mt.com/wp-content/uploads/2018/05/EBRD-GCECA\\_final\\_report.pdf](http://427mt.com/wp-content/uploads/2018/05/EBRD-GCECA_final_report.pdf)

**169.** European Commission. Adapting infrastructure to climate change — Climate-ADAPT [Internet]. 2013 [citado 11 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/adapting-infrastructure-to-climate-change>

**170.** United Nations Development Programme. Paving the Way for Climate-Resilient Infrastructure: Guidance for Practitioners and Planners [Internet]. 2011 [citado 12 de septiembre de 2018]. Disponible en: [https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/undp\\_paving\\_the\\_way.pdf](https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/undp_paving_the_way.pdf)

**171.** Wilbanks TJ, Fernandez S, editores. Climate Change and Infrastructure, Urban Systems, and Vulnerabilities [Internet]. Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics; 2014 [citado 13 de septiembre de 2018]. Disponible en: <http://link.springer.com/10.5822/978-1-61091-556-4>

**172.** USAID. Climate Risk Management for US-AID Projects and Activities - A Mandatory Reference for ADS Chapter 201. 2017;25. Disponible en: <https://www.usaid.gov/ads/policy/200/201mal>

**173.** Asian Development Bank. Climate Proofing: A Risk-based Approach to Adaptation. 2005;219. Disponible en: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/28796/climate-proofing.pdf>

**174.** JASPERS Climate Change team. The Basics of Climate Change Adaptation, Vulnerability and Risk Assessment [Internet]. 2017 [citado 17 de septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.jaspersnetwork.org/plugins/servlet/documentRepository/displayDocumentDetails?documentId=381>

**175.** UNFCCC. Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options. An Overview of Approaches. 2011.

**176.** Grafakos, Stelios, Olivotto, Veronica. Choosing the right Adaptation Assessment Method. En 2012 [citado 18 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://docplayer.net/36742746-Choosing-the-right-adaptation-assessment-method.html>

**177.** USAID. From Assessment to Implementation: Approaches for Adaptation Options Analysis [Internet]. 2013 [citado 18 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.climatelinks.org/resources/assessment-implementation-approaches-adaptation-options-analysis>

**178.** Banco Interamericano de Desarrollo. Resumen ejecutivo de la Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático [Internet]. 2019. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/resumen-ejecutivo-de-la-metodologia-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastres-y-cambio-climatico>

**179.** CLIMsystems. Climate impact and adaptation software and services [Internet]. [citado 10 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.climsystems.com/>

**180.** Consorcio del proyecto RASOR. RASOR Platform [Internet]. [citado 10 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.rasor.eu/rasor/>

**181.** Cima Foundation, Athena Global, Acrotec, Sertit, Deltares, EUCentre, et al. RASOR Project [Internet]. [citado 10 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.rasor-project.eu/>

- 182.** Ebinger J, Vergara W. Climate impacts on energy systems : key issues for energy sector adaptation [Internet]. The World Bank; 2011 [citado 10 de octubre de 2018] p. 1-224. Report No.: 60051. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/580481468331850839/Climate-impacts-on-energy-systems-key-issues-for-energy-sector-adaptation>
- 183.** Copernicus Climate Change Service. European Climatic Energy Mixes (ECEM) [Internet]. Disponible en: <http://ecem.wemcouncil.org/>
- 184.** Copernicus Climate Change Service. CLIM4ENERGY [Internet]. Disponible en: <http://c4e-visu.ipsl.upmc.fr/>
- 185.** European Climate Foundation (ECF), World Energy Council (Consejo Mundial de la Energía, WEC), Universidad de Cambridge. Cambio Climático: Implicaciones para el Sector Energético [Internet]. Disponible en: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/06/Publicacion-Cambio-Climatico-implicaciones-para-el-sector-energetico-IPCCC-AR5.pdf>
- 186.** IPIECA. Addressing adaptation in the oil and gas industry [Internet]. 2016. Disponible en: <http://www.ipieca.org/news/addressing-adaptation-in-the-oil-and-gas-industry/>
- 187.** Unidad de Planeación Minero Energética. Estudio para determinar la vulnerabilidad y las opciones de adaptación del sector energético colombiano frente al cambio climático. [Internet]. 2013 [citado 10 de octubre de 2018]. Disponible en: [http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/vulnerabilidad\\_opciones\\_adaptacion\\_sector\\_energetico\\_colombiano\\_frente\\_cambio\\_climatico.pdf](http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/vulnerabilidad_opciones_adaptacion_sector_energetico_colombiano_frente_cambio_climatico.pdf)
- 188.** IFC. Hydroelectric Power: A Guide for Developers and Investors [Internet]. 2015 [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics\\_Ext\\_Content/IFC\\_External\\_Corporate\\_Site/Sustainability-At-IFC/Publications/Hydroelectric\\_Power\\_A\\_Guide\\_for\\_Developers\\_and\\_Investors](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/Sustainability-At-IFC/Publications/Hydroelectric_Power_A_Guide_for_Developers_and_Investors)
- 189.** IFC-WBG. Environmental, Health, and Safety approaches for Hydropower projects. IFC-WBG. [Internet]. 2018 [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/cefc36ec-9916-4ec4-b5ac-1d99602a3ef3/GPN\\_EHSHydropower.pdf?MOD=AJPERES](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/cefc36ec-9916-4ec4-b5ac-1d99602a3ef3/GPN_EHSHydropower.pdf?MOD=AJPERES)
- 190.** Brown C, King J, Hughes J. Good Practice Handbook on Environmental Flows for Hydropower Projects. 2018.
- 190.** Jha AK, Bloch R, Lamond J. Cities and flooding: a guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. Washington, D.C: World Bank; 2012. 631 p.
- 190.** National Disaster Management Authority Government of India. National Disaster Management Guidelines. Management of floods [Internet]. 2008 [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://ndma.gov.in/images/guidelines/flood.pdf>
- 193.** Herron H, Roy S, Bohn B, Courtney C, Hoagland-Grey H. Addressing Climate Change within Disaster Risk Management: A Practical Guide for IDB Project Preparation [Internet]. Inter-American Development Bank; 2015 abr [citado 11 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://publications.iadb.org/handle/11319/6910>
- 194.** Defra / Environment Agency. Flood and Coastal Defence R&D Programme. R&D OUTPUTS: FLOOD RISKS TO PEOPLE. FD2321/TR2 Guidance Document [Internet]. 2006. Disponible en: [http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=FD2321\\_3437\\_TRP.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=FD2321_3437_TRP.pdf)
- 195.** IPCC. Scenario process for AR5 [Internet]. 2019 [citado 21 de agosto de 2018]. Disponible en: [http://sedac.ipcc-data.org/ddc/ar5\\_scenario\\_process/RCPs.html](http://sedac.ipcc-data.org/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html)
- 196.** Mauri S. Pelto. North Cascade Glacier Climate Project [Internet]. NORTH CASCADE GLACIER CLIMATE PROJECT. [citado 10 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://glaciers.nichols.edu>
- 197.** Wild M, Folini D, Henschel F, Fischer N, Müller B. Projections of long-term changes in solar radiation based on CMIP5 climate models and their influence on energy yields of photovoltaic systems. Sol Energy [Internet]. 2015 [citado 9 de octubre de 2018];116:12-24. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038092X15001668>

- 198.** Müller B, Wild M, Driesse A, Behrens K. Rethinking solar resource assessments in the context of global dimming and brightening. *Sol Energy* [Internet]. 2014 [citado 9 de octubre de 2018];99:272-82. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X13004933>
- 199.** Gaetani, Marco, Vignati, Elisabetta, Monforti, Fabio, Huld, Thomas, Dosio, Alessandro, Raes, Frank. Climate modelling and renewable energy resource assessment [Internet]. JRC; 2015 [citado 9 de octubre de 2018]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/reqno\\_jrc95440\\_reqno\\_jrc95440\\_renew\\_gaetani\\_report\\_2015\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/reqno_jrc95440_reqno_jrc95440_renew_gaetani_report_2015_final.pdf)
- 200.** Fant C, Adam Schlosser C, Strzepek K. The impact of climate change on wind and solar resources in southern Africa. *Appl Energy* [Internet]. 2016 [citado 9 de octubre de 2018];161:556-64. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915003268>
- 201.** Dierauf T, Growitz A, Kurtz S, Cruz JLB, Riley E, Hansen C. Weather-Corrected Performance Ratio [Internet]. 2013 [citado 9 de octubre de 2018]. Report No.: NREL/TP-5200-57991, 1078057. Disponible en: <http://www.osti.gov/servlets/purl/1078057/>
- 202.** Sailor DJ, Smith M, Hart M. Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States. *Renew Energy* [Internet]. 1 de noviembre de 2008 [citado 9 de octubre de 2018];33(11):2393-406. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148108000141>
- 203.** Pereira de Lucena AF, Szklo AS, Schaeffer R, Dutra RM. The vulnerability of wind power to climate change in Brazil. *Renew Energy* [Internet]. 2010 [citado 9 de octubre de 2018];35(5):904-12. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109004480>
- 204.** World Bank. Hydropower Sector Climate Resilience Guidelines [Internet]. 2017 [citado 11 de septiembre de 2018]. Disponible en: [https://www.hydropower.org/sites/default/files/hydropower\\_sector\\_climate\\_resilience\\_guidelines\\_-\\_beta\\_version.pdf](https://www.hydropower.org/sites/default/files/hydropower_sector_climate_resilience_guidelines_-_beta_version.pdf)
- 205.** Molly Hellmuth, et al. Addressing Climate Vulnerability for Power System Resilience and Energy Security: A Focus on Hydropower Resources [Internet]. USAID; 2017 [citado 25 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.climatelinks.org/resources/addressing-climate-vulnerability-power-system-resilience-and-energy-security-focus>
- 206.** Miralles F. Adaptación al Cambio Climático y Gestión de Riesgos [Internet]. CAF; 2015 [citado 10 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/781>
- 207.** European Bank for Reconstruction and Development. Qairokkum Hydropower: Planning ahead for a changing climate [Internet]. 2014 [citado 10 de octubre de 2018]. Disponible en: [https://www.climateinvestmentfunds.org/sites/cif\\_enc/files/knowledge-documents/cs\\_qairokkum\\_web\\_0.pdf](https://www.climateinvestmentfunds.org/sites/cif_enc/files/knowledge-documents/cs_qairokkum_web_0.pdf)
- 208.** Solaun K, Cerdá E, Solaun K, Cerdá E. The Impact of Climate Change on the Generation of Hydroelectric Power—A Case Study in Southern Spain. *Energies* [Internet]. 2017 [citado 10 de octubre de 2018];10(9):1343. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/9/1343>
- 209.** Ray, Patrick A. Confronting Climate Uncertainty in Water Resources Planning and Project Design: The Decision Tree Framework. [Internet]. World Bank; 2015. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22544>
- 210.** Kelly, C. Climate Risk Assessment Guide – Central Asia [Internet]. CAMO Alaroo; 2014 [citado 26 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://cdkn.org/project/developing-integrated-climate-risk-assessment-for-cdd-planning-in-central-asia/>
- 211.** Abeyasinghe, A., et al. National adaptation plans; Understanding mandates and sharing experiences [Internet]. IIED; 2017 [citado 26 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://pubs.iied.org/10180IIED/>
- 212.** Rene D. Garreaud, et al. Present-day South American Climate. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* [Internet]. octubre de 2009 [citado 12 de diciembre de 2019];281:3-4. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/266843458\\_Present-day\\_South\\_American\\_Climate](https://www.researchgate.net/publication/266843458_Present-day_South_American_Climate)

- 213.** Giesecke J, Mosonyi E. *Wasserkraftanlagen: Planung, Bau und Betrieb* [Internet]. 4.<sup>a</sup> ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2005 [citado 13 de diciembre de 2018]. Disponible en: [//www.springer.com/de/book/9783540285618](https://www.springer.com/de/book/9783540285618)
- 214.** Zhang Z. *Pelton Turbines* [Internet]. Springer; 2016. 313 p. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9783319319087>
- 215.** Chiyembekezo S. Kaunda, et al. Potential of Small-Scale Hydropower for Electricity Generation in Sub-Saharan Africa. *Int Sch Res Netw Renew Energy* [Internet]. octubre de 2012;2012. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/258403445\\_Potential\\_of\\_Small-Scale\\_Hydropower\\_for\\_Electricity\\_Generation\\_in\\_Sub-Saharan\\_Africa](https://www.researchgate.net/publication/258403445_Potential_of_Small-Scale_Hydropower_for_Electricity_Generation_in_Sub-Saharan_Africa)
- 216.** United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. National Engineering Handbook. Part 630 Hydrology. Chapter 4: Storm rainfall depth and distribution. [Internet]. 2015. Disponible en: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=STEL-PRDB1043063>
- 217.** Thrasher, B., Maurer, E. P., McKellar, C., Duffy, P. B. Technical Note: Bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping. *Hydrol Earth Syst Sci* [Internet]. 2012;16(9):3309-14. Disponible en: <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/3309/2012/>
- 218.** Taylor, K. E., R. J. Stouffer, G. A. Meehl. A summary of the CMIP5 experiment design. *Bull Am Meteorol Soc* [Internet]. 2007;93:485-498. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/253306617\\_A\\_Summary\\_of\\_the\\_CMIP5\\_experiment\\_design](https://www.researchgate.net/publication/253306617_A_Summary_of_the_CMIP5_experiment_design)
- 219.** Gleckler, P.J., Taylor, K.E., Doutriaux, C. Performance metrics for climate models. *J Geophys Res Atmospheres* [Internet]. 2008;113(6). Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007JD008972>
- 220.** Coles, S., et al. *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values* [Internet]. Springer-Verlag London; 2001. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9781852334598>
- 221.** Hannah Nissan, et al. On the use and misuse of climate change projections in international development. *WIREs Clim Change* [Internet]. 14 de marzo de 2019; Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.579>
- 222.** Alejandro Di Luca. Challenges in the Quest for Added Value of Regional Climate Dynamical Downscaling. *Curr Clim Change Rep* [Internet]. 12 de febrero de 2015;1:10-21. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40641-015-0003-9>
- 223.** Reto Knutti. Challenges in Combining Projections from Multiple Climate Models. *J Clim* [Internet]. marzo de 2010; Disponible en: <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/2009JCLI3361.1>
- 224.** Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: una visión gráfica* [Internet]. CEPAL; 2009. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2974/1/S2010992\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2974/1/S2010992_es.pdf)
- 225.** Thrasher B, Maurer EP, McKellar C, Duffy PB. Technical Note: Bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping. *Hydrol Earth Syst Sci*. 2012;16(9):3309-14.
- 226.** US Army Corps of Engineers. HEC-HMS [Internet]. HEC-HMS. [citado 12 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>
- 227.** Schneider PJ, Schauer BA. HAZUS-its development and its future. *Nat Hazards Rev*. 2006;7(2):40-4.
- 228.** ERN-LA. Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura. *Inf Téc ERN-CAPRA T1-5*. 2009;48.
- 229.** Jonkman SN, Vrijling JK, Vrouwenvelder ACWM. Methods for the estimation of loss of life due to floods: A literature review and a proposal for a new method. *Nat Hazards*. 2008;46(3):353-89.

230. Banco Interamericano de Desarrollo. Guía Metodológica Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles: Tercera edición [Internet]. 2016. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion>

231. Carta, J.A., et al. A review of measure-correlate-predict (MCP) methods used to estimate long-term wind characteristics at a target site. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2013;27(Noviembre 2013):362-400. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113004498>

232. CELEC EP – CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR. Project design document form for CDM project activities: Villonaco Windpower. [Internet]. 2014 [citado 18 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/T6QNGI9J10MVYU-CR87LDB2F54XWEOA>

233. Chang, T.P. Performance comparison of six numerical methods in estimating Weibull parameters for wind energy application. *Appl Energy* [Internet]. 88(1):272-82. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910002321>

234. Costa-Rocha, P.A., de Sousa, R.C., de Andrade, C.F., & da Silva, M.E.V. Comparison of seven numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil. *Appl Energy* [Internet]. 2012;89(1):395-400. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.08.003>

235. Elliot, D.L. Adjustment and analysis of data for regional wind energy assessments. En: *Adjustment and analysis of data for regional wind energy assessments* [Internet]. Asheville, Nort Carolina, EEUU; 1979. Disponible en: No localizado en Internet

236. Goldwind-Australia. 1.5 MW PMDD Wind Turbine specifications. [Internet]. Sin fecha. Disponible en: [http://www.goldwindaustralia.com/wp-content/uploads/Goldwind-Australia-1.5MW-Brochure-2017\\_opt.pdf](http://www.goldwindaustralia.com/wp-content/uploads/Goldwind-Australia-1.5MW-Brochure-2017_opt.pdf)

237. Gonçalves-Ageitos, M., Barrera-Escoda, A., Baldasano, J.M., Cunillera, J. Modelling wind resources in climate change scenarios in complex terrains. *Renew Energy* [Internet]. 2015;76:670-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.066>

