Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

SNIP

Ministerio de Hacienda y Crédito Público

Dirección General de Inversiones Públicas

GUÍA para Adaptación al Cambio Climático en Proyectos de Generación de Energía

Incorporación de RRD y ACC en proyectos de Generación de Energía Eléctrica

SINAPRED

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en América Central

CEPREDENAC

SICA

Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

SNIP

Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Dirección General de Inversiones Públicas

GUÍA para Adaptación al Cambio Climático en Proyectos de Generación de Energía

Incorporación de RRD y ACC en proyectos de Generación de Energía Eléctrica

SINAPRED

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en América Central

CEPREDENAC

SICA

Esta es una publicación de la Dirección de Preinversión de la Dirección General de Inversiones Públicas, con apoyo del Proyecto de Fortalecimiento al SNIP para incorporar Reducción de Riesgo a Desastre y Adaptación al Cambio Climático en el ciclo de proyectos de inversión pública, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La reproducción ha sido posible gracias al Proyecto Promoción y Armonización de la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres PCGIR/ CEPREDENAC financiado por la Cooperacion Suiza (COSUDE).

Enero 2016 ©

DGIP

Índice

1. Presentación 5

2. Marco conceptual y referencial 6

3. Esquema de incorporación de la adaptación al cambio climático en proyectos de generación de energía 8

4. Impactos claves del cambio climático y adaptación 11

4.1 Sobre la Generación Térmica 11

4.2 Sobre la Generación Hidroeléctrica 13

4.3 Sobre la Generación Eólica 14

4.4 Sobre la Generación Solar Fotovoltaica 15

4.5 Sobre la Generación de Energía de Biomasa y Biocombustible 16

4.6 Sobre la Generación Geotérmica 17

5. Identificación del proyecto 19

5.1 Escaneo de los riesgos del proyecto y su alcance 19

6. Formulación y Evaluación del Proyecto 22

6.1 Evaluación de Impacto 22

6.2 Evaluación de la vulnerabilidad 28

6.3 Evaluación de la adaptación 30

6.4 Arreglos de implementación 38

6.5 Monitoreo y Evaluación 39

7. Bibliografía 41

Presentación

1

La metodología para preparación y evaluación de proyectos de Energía en Nicaragua – publicada en 2013 por la Dirección General de Inversiones Públicas- organiza dicha tarea en tres macroprocesos o módulos.

El primero es la Identificación del Proyecto, que consiste en realizar un análisis de la situación actual, basado en tres diagnósticos: del área de influencia, de los involucrados y del servicio; para luego, estructurar la situación problemática en un árbol de problemas (causas – problema central – efectos) y derivar el objetivo central, los medios y los fines (árbol de objetivos). Para los medios deben identificarse acciones y son un conjunto seleccionado de ellas las que constituyen el Proyecto.

El segundo módulo, es la Formulación del Proyecto, en donde son estudiados la demanda, la oferta, aspectos técnicos de localización, capacidad de producción, tecnología, organización para la ejecución y operación, entre otros aspectos. Y finalmente, el tercer módulo, es la Evaluación del Proyecto, en el que identifican, miden y valoran los beneficios y costos socioeconómicos del proyecto, y se determina su rentabilidad socioeconómica.

En el marco anterior, se propone un esquema de incorporación que consiste en abordar cuestiones de interés dentro de cada módulo antes descrito, las cuales son sintetizadas en veinte pasos (cuestiones) que han de ser abordadas, a fin de asegurar que la central de generación es resiliente a los riesgos de desastres y al cambio climático.

Nicaragua, ha transitado por un proceso de relativo éxito en la transformación de su matriz de generación, pasando de tener una mayoría importante de generación basada en hidrocarburos (cerca del 70% en 2006), a una participación cada vez mayor de generación renovable, en cerca del 43% en 2013.

El informe se organiza en una primera sección de marco referencial clave vinculado a conceptos de cambio climático y adaptación, el segundo, a la evolución del mercado de generación eléctrica en Nicaragua, y el tercero sobre cómo incorporar en un esquema lógico de análisis los contenidos de RRD y ACC en proyectos de generación eléctrica. Se ha incluido una sección que permite identificar impactos del cambio climático sobre seis tipos diferentes de generación y sus correspondientes medidas de adaptación. Enseguida se explica cómo abordar los análisis relevantes para identificar, formular y evaluar proyectos de generación de energía ‘protegidos climáticamente’, es decir, resilientes y adaptados al cambio climático.

2 Marco conceptual y referencial

En esta sección se presentan los principales conceptos vinculados con el cambio climático, adaptación y mitigación al mismo. Estos conceptos son los generalmente aceptados a nivel internacional, son retomados por Nicaragua, y su fuente es el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).1

- **Variabilidad climática:** Son las variaciones estadísticas del clima en todas las escalas temporales y espaciales que sobrepasa los fenómenos meteorológicos.

- **Cambio Climático:** Cualquier cambio en el clima a través del tiempo, ya sea debido a su variabilidad natural o como resultado de la actividad humana2.

- **Cambio Climático:** Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempos comparables.3

- **Vulnerabilidad al cambio climático:** Nivel al que un sistema [natural o humano] es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

- **Amenaza:** Fenómeno, sustancia, actividad humana o situación peligrosa que puede causar la muerte, lesiones u otros impactos sobre la salud, daños materiales, pérdida de los medios de vida y servicios, interrupción de la actividad social y económica, o degradación ambiental.4

La anterior definición es validad tanto para la Reducción de Riesgo a Desastres como a la Adaptación al Cambio Climático.

- **Exposición:** La exposición a la variación climática es básicamente una función de la geografía. Por ejemplo, las comunidades costeras del pacífico y del Caribe nicaragüense están más expuestas a la subida del nivel del mar y a las tormentas,

1 El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) es un organismo establecido con el propósito de entregar información científica, técnica y socioeconómica a las autoridades, de manera políticamente relevante pero neutral. www.ipcc.ch

2 PCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Annex I., M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

3 The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

4 UN/ISDR - UN Office for DRR. http://preventionweb.net/go/488

mientras que las comunidades de zonas semiáridas (corredor seco) tal vez estén más expuestas a la sequía.

- **Sensibilidad:** La sensibilidad es el grado en el cual una determinada comunidad, infraestructura - activo o ecosistema se ve afectado por el estrés climático. Así, en las zonas de mayor pluviosidad del país, que son amenazadas por inundaciones las centrales hidroeléctricas son altamentes sensibles a dichos eventos.

- **Resiliencia:** La capacidad de un sistema [humano o natural] para resistir, asimilar y recuperarse de los efectos de las amenazas de manera oportuna y eficiente, manteniendo o restituyendo sus estructuras básicas, funciones e identidad esenciales.

En el contexto de la presente metodología la resiliencia se refiere a las capacidades de las centrales de generación y de sus diferentes componentes. En una central hidroeléctrica, la presa es un componente cuya resiliencia puede ser aumentada.

- **Capacidad de adaptación:** La capacidad de un sistema [humano o natural] 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. Como puede observarse el concepto de Resiliencia y Capacidad de Adaptación tienen muchos elementos en común, por lo que para efectos de esta guía pueden usarse indistintamente.

- **Adaptación al Cambio Climático:** Ajustes en los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

- **Mitigación:** Intervención antropogénica para reducir las fuentes y emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y potenciar sus sumideros.

Todas las generaciones basadas en fuentes renovables implican la reducción de GEI por lo que son mitigantes del cambio climático.

3 Esquema de incorporación de la adaptación al cambio climático en proyectos de generación de energía

La metodología para preparación y evaluación de proyectos de Energía en Nicaragua – publicada en 2013 por la Dirección General de Inversiones Públicas- organiza dicha tarea en tres macroprocesos o módulos.

El primero es la Identificación del Proyecto, que consiste en realizar un análisis de la situación actual, basado en tres diagnósticos: del área de influencia, de los involucrados y del servicio; para luego, estructurar la situación problemática en un árbol de problemas (causas – problema central – efectos) y derivar el objetivo central, los medios y los fines (árbol de objetivos). Para los medios deben identificarse acciones y son un conjunto seleccionado de ellas las que constituyen el Proyecto.

El segundo módulo, es la Formulación del Proyecto, en donde son estudiados la demanda, la oferta, aspectos técnicos de localización, capacidad de producción, tecnología, organización para la ejecución y operación, entre otros aspectos. Y finalmente, el tercer módulo, es la Evaluación del Proyecto, en el que identifican, miden y valoran los beneficios y costos socioeconómicos del proyecto, y se determina su rentabilidad socioeconómica.

En consideración de lo anterior, en la Figura 1 se muestra los temas relevantes de adaptación al cambio climático y reducción de riesgos a desastres a ser abordados en cada módulo del proceso de preparación y evaluación de proyectos. Y en la Figura 2 se detallan veinte pasos a seguir para lograr incorporar RRD y ACC.

Figura 1. Esquema de incorporación de RRD y ACC en la fase de preinversión de proyectos de energía

Identificación del proyecto

1. Escaneo de los riesgos del Proyecto y alcance: ¿Cómo es el Proyecto (caracteristicas del Proyecto) vulnerable a los impactos del cambio climático durante su vida útil? ¿Cuáles son los parámetros climáticos de mayor interés para el Proyecto? ¿Se dispone de información suficiente para enfrentar una evaluación? ¿Quiénes son los principales involucrados?

Formulación y evaluación del proyecto

2. Evaluación de impacto: ¿Cuáles son las tendencias actuales e históricas del clima ? ¿Como se proyecta el cambio de clima y en qué formas ? ¿Como esto afectará los sistemas naturales y humanos de interés? ¿Que supuestos razonables pueden ser echos aserca del cambio climatico y su impacto

3. Evalucacion de vulnerabilida: ¿Cómo la gente ha enfrentado históricamente, lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos, sequías, tormentas trópicales, y otros fenómenos metereológicos? ¿Cuáles son las áreas más vulnerables? ¿Cuáles son las poblaciones mas vulnerables? ¿Cuáles son las condiciones climáticas limitantes?

4. Evalucacion de la adaptación: ¿Qué soluciones de adaptación son técnicamente factibles para manejar las vulnerabilidades climáticas proyectadas? ¿Cuales son los costos y beneficios de dichas opciones? ¿Cuál(es) es (son) la (s) opcion(es) preferida(s) en el contexto del proyecto?

5. Arreglos para la implementación: ¿Quién tiene la capacidad de implementar la (s) opcion(es) seleccionada(s)? ¿Hay actores clases adicionales que necesitan ser incorporados en el Proyecto? ¿Hay necesidad de construcción adicional de capacidades?

Monitoreo y evaluación

6. Monitereo y evaluación: ¿Cómo puede el progreso hacia la reducción de la vulnerabilidad se medido? ¿Cómo puede ser el monitoreo usado para el aprendizaje? ¿Cómo las lecciones serán colectadas, asimiladas y usadas para mejorar futuros proyectos de generación de Energía eléctrica?

Figura 2. Pasos detallados para la incorporacion de RRD y ACC en proyectos de energía

1 Escaneo de proyecto y alcance

- Paso 1: Escanear la exposición del Proyecto al cambio climático
- Paso 2: Establecer el obtetivo de adaptación
- Paso 3: Levantar información y conocimiento existente
- Paso 4: Identificar e incorporar a los involucrados
- Paso 5: Identificar necesidades metodológicas y de datos
- Paso 6: Identificar las especialidades requeridas

2 Evaluación de impacto

- Paso 7: Construir los escenarios de cambio climático
- Paso 8: Estimar los futuros impactos biofisicos
- Paso 9: Asignar probabilidades a los impactos identificados

3 Evaluación de vulnerabilidad

- Paso 10: Identificar vulnerabilidades
- Paso 11: Identificar causantes biofísicos de las vulnerabilidades
- Paso 12: identificar causantes socieconómicas de las vulnerabilidades

4 Evaluación de adaptación

- Paso 13: Identificar todas las opciones potenciales de apaptación
- Paso 14: Conducir procesos de consulta
- Paso 15: Conducir análisi económicos
- Paso 16: Priorizar y seleccionar opciones de adaptación

5 Arreglos de implementación

- Paso 17: Establecer arreglos para la implementación
- Paso 18: Identificar necesidades de apoyo y técnica y construcción de capacidades

6 Monitoreo y evaluación

- Paso 19: Diseñar el plan de monitoreo y evaluación, incluyendo indicadores de desempeño adecuados
- Paso 20: Retroalimentación a los procesos de formación de políticas y gestión del conocimiento

Impactos claves del cambio climático y adaptación

4

Un marco referencia de análisis de impacto de cambio climático y de medidas de adaptación es un componente clave de la incorporación de RRD y ACC en los proyectos de energía. El cambio climático tiene efectos sobre los componentes físicos de la infraestructura vinculada a las centrales de generación, a nivel muy específico, en función del tipo de variable climática que exhiba cambios. Enseguida son indicados los impactos claves del cambio climático sobre diferentes tipos de centrales de generación así como las medidas de adaptación recomendadas.

4.1 Sobre la Generación Térmica

Tabla 1. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Térmica

Variable climática	Componentes físicos	Impactos claves	Opciones de adaptación
Incremento o decremento de la precipitación	• Almacenamiento de combustible (carbón) • Caldera / Horno • Turbina / Generador • Sistema de enfriamiento	• Incremento podría provocar la reducción de la calidad del carbón (y de la eficiencia de la combustión) debido a un mayor contenido de humedad en el carbón • Decremento podría afectar la disponibilidad de agua dulce para enfriar (todos los sistemas térmicos)	• Proteger el almacenamiento de combustible incluidas las existencias de carbón • Retirar menos agua de la fuente y consumir menos agua internamente (o una vez a través del sistema de recirculación) • Incrementar el volumen del trabajo de tratamiento de agua y/o desarrollar nuevas fuentes de agua • Rediseñar las instalaciones de refrigeración (recuperar agua de los condensadores e intercambiadores de calor, reducción de las perdidas por evaporización, reúso de aguas residuales, construcción de torres de enfriamiento en seco) • Recuperar, forestar y reforestar tierras

Tabla 1. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Térmica			
Temperatura del aire más alta	• Caldera / Horno • Turbina / Generador	• Reducida eficiencia de la generación • Reducida la eficiencia del sistema IGCC (convirtiendo carbón en gas) • Reducida eficiencia CCGT (gas)	• Concentrar las inversiones en localidades con temperaturas más frías (bajas) • Descentralizar la generación
Velocidad del viento más alta	• Edificios, almacenes, plantas de generación • Control de la contaminación del aire	• Daños a la infraestructura • Mayor dispersión de contaminantes	• Desarrollar e implementar los más altos estándares para los edificios nuevos o renovados
Subidas del nivel del mar	• Edificios, almacenes, plantas de generación	• Daños a la infraestructura costera	• Desarrollar medidas de control de inundaciones (terraplenes, presas, diques, embalses, estanques, defensa contra inundaciones reubicados, • barreras, y una mayor capacidad de canal) • Construir defensas costeras mejoradas • (diques y los mamparos) • Construir o reubicar a sitios menos expuestos • Elevar el nivel de las estructuras • Mejorar el drenaje y reubicar las tuberías de agua • Proteger el almacenamiento de combustible
Eventos extremos (incluyendo inundaciones)	• Edificios, almacenes, plantas de generación	• Los huracanes, tornados, tormentas, etc. Pueden destruir • infraestructura e interrumpir los suministros y • actividades en el mar • • Posible erosión del suelo y daños a instalaciones	• Las medidas antes indicadas • Construcción de edificaciones de concreto en lugar de metálicas (son más resistentes al viento y a la corrosión)

4.2 Sobre la Generación Hidroeléctrica

Tabla 2. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Hidroeléctrica

Variable climática	Componentes físicos	Impactos claves	Opciones de adaptación
• Precipitación • Temperatura • Eventos extremos	• Presa y otra estructuras (captación, tubería de carga) • Central (turbinas y generadores)	• Indicados abajo para específicos cambios del clima	• Desarrollar técnicas de proyección hidrológicas mejoradas, así como reglas de gestión operativa adaptadas • Desarrollar estrategias de gestión de cuencas integrales, que consideren un amplio rango de usos ambientales y humanos del agua "aguas abajo" • Restablecer y mejorar el manejo de la tierra "aguas arriba" incluyendo forestación para reducir inundaciones, erosión, sedimentación y deslizamientos de tierra • Estimaciones de rangos probables de variaciones de clima proyectado, durante la vida útil de la hidroeléctrica • Identificar diseños costo – efectivos (nuevas plantas) y modificaciones (las existentes) para hacer frente a riesgos específicos identificados en el sitio.
Precipitación incluyendo sequía	• Presa y otras estructuras • Estación de generación	• Cambios de los patrones anuales o estacionales pueden afectar el caudal de los ríos y niveles de agua detrás de la presa, ya sea reduciendo o incrementando la energía producida • Sedimentación puede reducir la capacidad de almacenamiento de los embalses • El incremento en la incertidumbre de los flujos de agua puede afectar la producción de energía y los costos de generación	• Incrementar la altura de la presa y/o construir pequeñas presas río arriba (si se espera que el flujo incremente) • Construir o aumentar la capacidad de almacenamiento en los embalses • Modificar la capacidad de los aliviaderos e instalar compuertas controlables en los aliviaderos para descargar embalses sedimentados • Modificar el número y tipo de las turbinas, más ajustadas a las tasas de flujo de agua esperadas • Modificar canales o túneles para manejar los cambios esperados en los flujos de agua • Optimizar la administración del embalse y mejorar la producción de energía adaptándose a los cambios en los patrones de precipitación o del caudal del río

Tabla 2. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Hidroeléctrica			
Eventos extremos (inundaciones)	• Presa y otras estructuras • Estación de generación	• Las inundaciones pueden dañar o destruir la infraestructura	• Diseñar presas más robustas e infraestructura más resistente a eventos extremos
Temperatura del aire más elevada, mayores velocid-ades del viento, y mayor humedad	• Presa y otras estructuras	• Puede incrementar evaporización superficial, reducir el almacenamiento de agua y la producción de energía	• Construir o aumentar la capacidad de almacenamiento de agua en los reservorios

4.3 Sobre la Generación Eólica

Tabla 3. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Eólica			
Variable climática	Componentes físicos	Impactos claves	Opciones de adaptación
Velocidad del viento	• Palas del rotor / ejes • Torre / fundaciones • Generador	• Los cambios en la velocidad del viento pueden reducir la generación (las turbinas pueden no operar con vientos muy rápidos o lentos) • Dentro de las velocidades operacionales del viento, la producción se ve muy afectada por la velocidad del viento. • Cambios en los patrones del viento y su duración pueden afectar la producción (por ejemplo, la habilidad para proyectar la producción)	• Diseño turbinas capaces de operar con y soportar velocidades de viento superiores, ráfagas, y los cambios de dirección • Instalar torres más altas capaces de aprovechar vientos más fuertes en mayores altitudes • Elegir sitios que tomen en consideración los cambios esperados en la velocidad del viento durante la vida útil de las turbinas • Considerar desarrollar y comercializar turbinas de viento de eje vertical (más producción por m^2 de superficie de tierra, puede operar en un rango de amplio de velocidades de viento)
Temperatura del aire	• Palas del rotor / ejes • Generador	• Periodos de frío extremos pueden afectar la producción (por ejemplo congelamiento de las palas del rotor)	• Considerar los efectos de temperaturas extremas en la selección de las turbinas, palas de rotor, y durante la operación

Tabla 3. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Eólica			
Tormentas y otros eventos extremos	• Torre / fundaciones • Palas del rotor / ejes	• Daño en los parques eólicos emplazados en el mar • Daños a la infraestructura	• Estructuras más fuertes (resistentes) • Diseñar turbinas en el mar para soportar oleajes más fuertes y las fuerzas del viento • Asegurar las afectaciones a la producción de energía y los daños • Garantizar la presencia de equipos de mantenimiento y reparación ante situaciones de emergencia

4.4 Sobre la Generación Solar Fotovoltaica

Tabla 4. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Solar Fotovoltaica			
Variable climática	Componentes físicos	Impactos claves	Opciones de adaptación
Incrementos de la temperatura	• Arreglo solar fotovoltaico • Sistema de control, inversores, cables	• Menor eficiencia de la celda y producción de energía • Disminuye la capacidad de los conductores subterráneos en caso de temperatura ambiente elevada • Aumenta la temperatura del suelo	• Mejorar el flujo de aire por debajo de la estructura de montaje para reducir el calor generado y aumentar la producción de energía. • Utilizar celdas fotovoltaicas resistentes a altas temperaturas y componentes diseñados para operar durante picos cortos de muy altas temperaturas.
Incremento de la precipitación	• Arreglo solar fotovoltaico • Sistema de control, inversores, cables • Estructura de montaje	• Puede lavar el polvo (corto plazo) pero reduce la eficiencia del panel (menos radicación solar)	• Seleccione el ángulo apropiado de inclinación del panel para que sea limpiado el polvo. • Seleccionar superficie del módulo propicio para de auto-limpieza. • Elija lugares con menor probabilidad de polvo, arena, lluvia si es factible.
Velocidad de viento; turbiedad	• Arreglo solar fotovoltaico • Sistema de control, inversores, cables • Estructura de montaje	• Aumento de la eficiencia y la producción con el efecto refrigerante del viento • Daño del panel si el viento tiene arena o polvo	• Diseñar estructuras que pueden operar con vientos fuertes • En áreas secas incluir sistema de enjuague del panel para remover arena y polvo

Tabla 4. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Solar Fotovoltaica			
Nubosidad	• Arreglo solar fotovoltaico • Sistema de control, inversores, cables • Estructura de montaje	• Menor eficiencia y producción • Fluctuaciones rápidas de la nubosidad pueden afectar la rejilla	• Considerar sistemas distribuidos (más que alimentación de energía en una parte única de la rejilla), para aminorar el impacto de la nubosidad • Ubicar el sistema fotovoltaico donde los cambios esperados en la nubosidad sean relativamente bajos • Considerar micro-inversores para cada panel (en lugar de un pequeño número de grandes inversores centralizados) para mejorar la estabilidad e incrementar la producción de energía
Eventos extremos (inundaciones, tormentas, sequías)	• Arreglo solar fotovoltaico • Sistema de control, inversores, cables • Estructura de montaje	• Puede dañar los sistemas (por ejemplo, un rayo)	• Utilizar estructuras de montaje más fuertes • Utilizar cables y componentes que pueden lidiar con elevada humedad e inundaciones

4.5 Sobre la Generación de Energía de Biomasa y Biocombustible

Tabla 5. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Energía de Biomasa y Biocombustible			
Variable climática	Componentes físicos	Impactos claves	Opciones de adaptación
Inundaciones / precipitaciones	• Suministro de biomasa • Turbina / generador	• Degradación de la tierra / erosión con posible pérdida suministro de combustible y menor producción de energía	• Manejo del suelo y nutrientes • Mejora de la captación de agua y el uso • Ecosistemas resilientes • El uso de árboles y arbustos en sistemas agrícolas para mejorar la fertilidad y humedad del suelo mediante el aumento de materia orgánica.

Tabla 5. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Energía de Biomasa y Biocombustible			
Precipitación o cambios de temperatura	• Suministro de biomasa • Turbina / generador • El sistema de calderas y de tratamiento de agua de la caldera • Sistema de alimentación del combustible • Procesador de cenizas y sistemas de control de aire • Torre de enfriamiento	• Cambios en la temperatura y precipitación podría incrementar o disminuir la producción de energía dependiendo de la productividad de la materia prima • Elevadas precipitaciones podrían incrementar la humedad de la materia prima, bajando el contenido energético • Cambios en los patrones de precipitación pueden afectar la disponibilidad de agua para enfriamiento	• Expansión de recogida de aguas pluviales, las técnicas de almacenamiento y conservación del agua, la reutilización del agua, la desalinización, el uso del agua y la eficiencia del riego, el ajuste de las fechas de siembra y variedades de cultivos, la reubicación de los cultivos, y la mejora de la gestión del suelo • El uso de plantas tolerantes a la sal (halófitas) o cultivos robustos con alta tolerancia biológica al calor y al estrés de agua • Mejora de la protección ante inundaciones • Expansión de los sistemas de irrigación o mejora de la eficiencia de la irrigación
Eventos extremos	• Materia prima e infraestructura	• Posible daño a infraestructura de suministro de combustible y de generación	• Incrementar la robustez de las plantas de generación de biomasa • Medidas de adaptación del comportamiento, incluyendo sistemas de alerta temprana para anomalías de la precipitación y temperatura, apoyo a la cosecha de emergencia para un evento extremo inminente, y la provisión de sistemas de seguro de cosechas

4.6 Sobre la Generación Geotérmica

Tabla 6. Impactos claves del cambio climático y adaptación – Generación Geotérmica			
Variable climática	Componentes físicos	Impactos claves	Opciones de adaptación
Incremento de temperatura	• Producción y pozos de inyección • Planta de energía y sistema de enfriamiento • Sistema de oleoducto	• Disminución del aire y diferencial subterráneo podría afectar la producción de energía	• Si el sistema de refrigeración con agua no está disponible, podría usarse el sistema con aire
Eventos extremos		• Podría dañar la infraestructura	• La infraestructura geotérmica como cualquier otra necesita mayor protección frente a la posibilidad de inundaciones

5 Identificación del proyecto

Esta es la primera actividad en el proceso de preparar y evaluar el Proyecto de generación de energía eléctrica. La metodología general del SNIP establece que deben realizarse tres diagnósticos: del área de influencia, del servicio y de los involucrados; a efectos de establecer adecuadamente el objetivo central, los objetivos específicos y los cursos de acción (alternativas de solución) que han de tomarse para los diferentes objetivos. En el contexto específico de un proyecto de generación de energía, con enfoque integral de RRD y ACC, se hace especialmente relevante el diagnóstico del área de influencia, dado que la mirada espacial – territorial del proyecto permite reconocer las amenazas (y los riesgos derivados de ellas). Es así que el primer paso es el Escaneo del Proyecto y su Alcance. Ver Figura 3.

5.1 Escaneo de los riesgos del proyecto y su alcance

La meta del Escaneo del Riesgo del proyecto es determinar la naturaleza y alcance potencial del riesgo al que el proyecto puede estar expuesto como resultado del cambio climático. A su vez, el objetivo del determinar su 'alcance' es identificar cómo el cambio climático puede afectar los objetivos globales del proyecto, y establecer los límites de la evaluación de las opciones de adaptación que serán emprendidas.

Paso 1: Escanear la exposición del proyecto al cambio climático

En este paso se recomienda usar una matriz como la mostrada enseguida, que contiene una secuencia de preguntas que ayudan a establecer si el proyecto

Figura 3. Escaneo del proyecto y su alcance

1 Escaneo de proyecto y alcance

- Paso 1: Escanear la exposición del Proyecto al cambio climático
- Paso 2: Establecer el objetivo de adaptación
- Paso 3: Levantar información y conocimiento existente
- Paso 4: Identificar e incorporar a los involucrados
- Paso 5: Identificar necesidades metofológicas y de datos
- Paso 6: Identificar las especialidades requeridas

está expuesto a amenazas (de tipo natural, socionatural), que puedan verse intensificadas por el cambio climático. El recuadro 1 muestra un listado de herramientas para escaneo de riesgos que pueden ser usadas. También debe apoyarse en los Mapas de Vulnerabilidad Climática disponibles en el país, y que son elaborados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y por las alcaldías municipales.

Recuadro 1. Referencias a herramientas para escaneo de riesgos

- The World Bank. Climate & Disaster Risk Screening Tools. https://climatescreeningtools.worldbank.org/
- Guía para la Integración del Clima, el Medio Ambiente y la Reducción del Riesgo de Desastres, COSUDE. https://www.eda.admin.ch/dam/deza/es/documents/Publikationen/Diverses/221232-accroissement-partII_ES.pdf
- Department for International Development, United Kingdom: Opportunities and Risks of Climate Change and Disasters (ORCHID) and Climate Risk Impacts on Sectors and Programmes. http://tinyurl.com/ccorchid
- The Netherlands Climate Assistance Programme. www.nlcap.net
- International Institute for Sustainable Development: Community-based Risk Screening Tool—Adaptation and Livelihoods (CRiSTAL). www.iisd.org/pdf/2011/brochure_cristal_en.pdf

Tabla 7. Escaneo del riesgo climático, ejemplos de preguntas de escaneo

Preguntas de escaneo	Sí	No	Explicaciones
¿Está el área del proyecto expuesta a amenazas climáticas tales como como inundaciones, sequías, deslaves, ciclones tropicales, tormentas, etc.?			
¿Podrían los cambios en los patrones de precipitación o las tasas de evaporación en el lapso de vida del proyecto afectar su salida de potencia, costo, y la sostenibilidad?			
¿Hay aspectos demográficos o socioeconómicos de proyecto y el área del proyecto que aumentan la vulnerabilidad del proyecto ante el cambio climático?			

Un propósito de la evaluación del riesgo climático a nivel del proyecto es identificar las amenazas altamente riesgosas (es decir, eventos del cambio climático que más probablemente pueden afectar severamente el desempeño del proyecto de energía, tal como una crecida que destruya las turbinas a filo de agua). Los impactos de dichas amenazas se convierten en el punto de partida para la identificación y discusión de medidas alternativas de adaptación.

El alcance del proyecto para su adaptación necesitará cubrir los siguientes aspectos del impacto del cambio climático:

- amenazas directas al proyecto (que dañen los componentes de infraestructura y equipamiento)
- bajo desempeño del proyecto en su fase de operación,

- y nuevas oportunidades de mejora del desempeño del proyecto pueden ser derivadas del cambio climático (más disponibilidad de agua por aumento en la precipitación), las cuales pueden ser capturadas como factores en el diseño del proyecto.

Paso 2: Establecer el objetivo de la adaptación

La adaptación debe buscar minimizar tales efectos negativos del cambio climático. Establecer como el cambio climático puede afectar el área del proyecto y a sus resultados permitirá asegurar que los datos correctos son recopilados, que la experiencia correcta es reclutada (para hacer los estudios), y que los colaboradores nacionales y regionales más apropiados serán incluidos en el proyecto. La evaluación de la vulnerabilidad, impacto y adaptación, que a continuación en el módulo de formulación y evaluación son desarrolladas, son tendientes a proporcionar elementos que permitan refinar como cambio climático puede afectar el proyecto y las opciones para manejar esos impactos.

Paso 3: Levantar información y conocimiento existente

- En este paso se recomienda una extensa y profunda revisión documental sobre los efectos del cambio climático en la zona de influencia del proyecto, y sobre posibles medidas de adaptación para condiciones similares en proyectos ejecutados en el país y a nivel regional y mundial. Se recomienda usar en el contexto internacional información disponible en:
- Adaptation Learning Mechanism, http://www.undp-alm.org/about, http://www.adaptationlearning.net/about
- Climate Change Knowledge Portal, del Banco Mundial, http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=global_map
- Climate Change Policy and Practice, del Banco InterAmericano de Desarrollo, http://climate-l.iisd.org/
- Community-based adaptation to climate change, del International Institute for Environment and Development, http://www.iied.org/community-based-adaptation-climate-change?gclid=Cj0KEQjw_rytBRDVhZeQrbzn_q0BEiQAjnbSHO-krI0jzSKQz1S_C6NDzlP4fOch768FkqdFMGkDzXEaAroR8P8HAQ
- UN Climate Change Newsroom, Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), http://newsroom.unfccc.int/
- UNDP Climate Change Country Profiles, Nicaragua. School of Geography and Environment, University of Oxford. http://ncsp.undp.org/sites/default/files/Nicaragua.oxford.report.pdf

Paso 4: Identificar e incorporar a los involucrados

Tener un alcance inicial del trabajo de adaptación así como un estudio de la información existente es probable amplíe a las partes interesadas pertinentes para ser incluidas en el proceso de formulación y evaluación del proyecto. Entre los involucrados están una serie de instituciones y organizaciones de investigación que pueden ser encargados para la realización de trabajos relacionados con el proyecto. Además, el compromiso específico de las comunidades locales, organizaciones no gubernamentales y pequeñas o grandes las empresas que operan en la zona serán importantes para la realización de una evaluación de la vulnerabilidad, así como del nivel compromiso en la selección de la estrategia de adaptación más efectiva.

Paso 5: Identificar las necesidades metodológicas y de datos

Una identificación preliminar de los parámetros climáticos de mayor interés para el proyecto debe iniciarse en la etapa de conceptualización - identificación y puede desarrollarse más en etapas posteriores. Parámetros de cambio climático de interés (incluyendo la variabilidad y los patrones estacionales) a la energía proyectos son los siguientes:

- Temperatura (media, máxima, mínimo)
- Precipitación
- Humedad
- Horas de sol y
- Velocidad del viento.

La especificación de estos requisitos al principio es importante, ya que orienta la elección y el alcance de la información a ser recogida y usada para evaluar posibles impactos y la vulnerabilidad. La identificación de método (s) para la evaluación y priorización de opciones, como el análisis costo-beneficio o análisis multicriterio (entre otros posibles enfoques metodológicos) también determinará los datos necesarios y asegurará que sea recopilados durante la preparación del proyecto.

Paso 6: Identificar las especialidades requeridas

La evaluación de las opciones de adaptación al cambio climático, y la misma identificación de las amenazas climáticas, requiere de la concurrencia de diferentes expertos en temáticas específicas. Identificarlos y establecer sus perfiles profesionales y experiencias es una parte relevante del proceso de preparación del proyecto. Entre los profesionales

6 Formulación y Evaluación del Proyecto

deben estar expertos en hidrología, hidráulica, ingenieros eléctricos, expertos en clima y cambio climático, economistas, entre otros. Se mencionan éstos como el propósito de mostrar lo diverso y amplio del equipo y de las tareas a ser desarrolladas, más allá de ser una lista exhaustiva.

6.1 Evaluación de Impacto

La meta de la evaluación del impacto es identificar y evaluar, en términos *físicos, los efectos del cambio climático en los sistemas naturales y humanos*. Típicamente, esto implica:

- análisis de las actuales tendencias en los parámetros climáticos más relevantes y el impacto observado en estas tendencias en los sistemas naturales y humanos.
- desarrollo del clima, niveles de los océanos y escenarios socioeconómicos en el marco de las escalas temporales y espaciales apropiadas.
- evaluación de los impactos biofísicos, socioeconómicos y cambios climáticos asociados al sector y las herramientas analíticas específicas para cada sistema.

Para cualquier proyecto dado, la decisión de cual escenario de emisiones o proyecciones de cambio climático usar o desarrollar, están basados en varios factores, incluyendo la necesidad de representar una amplia gama de incertidumbres, plazos de tiempo, presupuestos, y la disponibilidad de datos. En un número creciente de casos, las proyecciones de cambio climático ya han sido desarrolladas por las iniciativas de cambios climáticos nacionales y regionales, como por ejemplo las comunicaciones nacionales al UNFCCC pueden ser adaptadas para ser usadas por el proyecto. En todos los casos, la comprensión de la historia del clima (la temperatura, la precipitación, tormentas, y acontecimientos extremos meteorológicos) son siempre un primer paso necesario.

Figura 4. Evaluación de impacto (de los efectos del cambio climatico)

2 Evaluación de impacto

- Paso 7: Construir los escenarios de cambio climático
- Paso 8: Estimar los futuros impactos biofísicos
- Paso 9: Asignar probabilidades a los impactos identificados

Paso 7: Construir los Escenarios de Cambio Climático

Las proyecciones y escenarios de cambio climático representan la respuesta del sistema climático a las emisiones y concentración de gases de efecto invernadero. Ellas están básicamente basadas en simulaciones realizadas por modelos climáticos. Las proyecciones de cambio climático pueden ser útiles para determinar cómo las variables climáticas tales como temperatura y precipitación pueden cambiar el futuro. Además, las proyecciones basadas en las salidas de los modelos climáticos son limitadas por la representación imperfecta de los sistemas climáticos en los modelos en adición a las incertidumbres asociadas con las emisiones de gases de efecto invernadero. Las proyecciones climáticas no son estimaciones o predicciones pero proveen caracterizaciones adecuadas de las condiciones climáticas futuras.

El Grupo de trabajo en soporte de datos y escenarios para evaluar el clima y su impacto conocido por sus siglas en inglés como TGICA del Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC provee guías generales en el uso de datos y escenarios en evaluación de adaptación e impactos a través de un grupo de directrices revisadas y aprobadas. Estas directrices incluyen fuentes comunes de datos para construir escenarios climáticos y deben ser consultadas por los desarrolladores de los proyectos. Otros puntos a considerar son los siguientes:

7.1 Identificar las necesidades de los escenarios climáticos

La construcción de escenarios climáticos inicia con un entendimiento de cuál es la información necesaria para evaluar el impacto. La creación de escenarios específicos de cambio climático requiere discutir con el equipo de expertos sobre cuáles son los datos necesarios para evaluar el impacto del proyecto. Los expertos deben identificar las variables que se necesitan así como la resolución espacial y temporal de las mismas (por ejemplo: 100 km2 en un espacio de tiempo) para determinar las necesidades de la información.

7.2 Establecer la línea base climática

Una línea base climática es generalmente necesaria para desarrollar escenarios climáticos. Las bases de una línea base frecuentemente son aportadas por modelos de simulación climática. Los datos meteorológicos registrados en el sitio del proyecto son más confiables y representan mejor la variabilidad climática que los datos resultantes de los modelos. El análisis de los datos históricos ayuda a identificar las tendencias de las variables climáticas relevantes y arroja una simulación más verdadera resultante de los modelos climáticos. Los datos históricos climáticos pueden ser usados para evaluar la habilidad de un modelo climático determinado para reproducir las condiciones climáticas locales por validación de las simulaciones (calibración) versus el registro observado. Adicionalmente, una línea base puede servir como referencia para evaluar los potenciales impactos climáticos.

La Evaluación de impacto normalmente utiliza datos meteorológicos para definir la actual línea base climática. Esta línea base puede ser usada para calibrar los modelos de impacto y cuantificar el impacto del cambio climático con respecto a la línea base. Este análisis histórico puede llamar la atención sobre las principales variables climáticas que afectan a las componentes más sensibles de los proyectos de energía.

Generalmente los datos climáticos detallados pueden ser obtenidos de los servicios meteorológicos nacionales. El reto principal de utilizar datos meteorológicos locales es la disponibilidad de las estaciones hidrometeorológicas con datos representativos suficientes y consistentes de las condiciones climáticas del sitio del proyecto. En muchos casos los datos de algunas de las estaciones pueden ser inconsistentes (por ejemplo: la estación cambió de localización), o incompletos (por ejemplo: la estación se encuentra fuera de operación por algún tiempo) y con limitaciones tecnológicas (por ejemplo: una estación meteorológica puede tener resolución de una hora mientras que para un proyecto solar de generación eléctrica se requiere resoluciones de un minuto para caracterizar el recurso solar y la precisión de la energía a comprometer en un contrato). Otra situación puede ser que la estación no brinde cobertura en el área del proyecto y la estación más cercana puede encontrarse alejada del área del proyecto. En tales circunstancias las técnicas de interpolación espacial pueden ser usadas para resolver los problemas de cobertura y los algoritmos de generación de datos pueden mejorar las inconsistencias y escases de los datos.

7.3 Usar salidas de modelos de circulación general

Los escenarios de cambio climático son normalmente derivados de las salidas de la simulación de un Modelo de Circulación General conocido por sus siglas en inglés como GCM. GCMs es un modelo de computadora usada para simular los sistemas de cambio climático de la tierra. GCMs son las principales herramientas usadas para proyectar los cambios climáticos futuros debido a las entradas antropogénicas continuadas de los gases de efecto invernadero. La mayor ventaja de usar los modelos GCMs como la base para crear los escenarios de cambio climático es que ellos estiman los cambios climáticos para un gran número de variables climáticas, tales como temperatura, precipitación, presiones, vientos, humedad y radiación solar, de manera consistente físicamente.

Algunos aspectos a tomar en cuenta de los modelos GCMs para crear escenarios climáticos son: los errores que introducen estos modelos, incertidumbres (no muestra el rango completo de la población) y con las resoluciones (son provistas para áreas extensas de kilómetros y con escalas de tiempo mensuales y estacionales).

7.4 Reducción de escala de los modelos climáticos: desde escala climática global a escala climática local

Los métodos de reducción de escala incrementan la resolución espacial (de una área de cien kilómetros a diez kilómetros) y la resolución temporal (de escala mensual a diaria).

Las dos metodologías existentes para reducción de escala son:

- Reducción de escala dinámica: usa modelos climáticos de escala regional
- Reducción de escala estadística: usando relaciones entre los parámetros o índices globales y los parámetros locales.

Cada metodología tiene sus fortalezas y sus limitaciones y el más apropiado para cada aplicación dependerá de las necesidades específicas de la evaluación de impacto, disponibilidad de datos y presupuesto. Es importante señalar que la reducción de escala es una transformación de las salidas del modelo GCMs por lo tanto no puede agregar mejoras ni corregir errores más allá de las que aporta el modelo GCMs.

En áreas específicas de ubicación de los proyectos y periodos de tiempo corto será necesario un modelo de calibración, el cual dependerá de la disponibilidad de los datos meteorológicos. Limitaciones en la disponibilidad y calidad de los datos, afectará el modelo de calibración y esto a su vez generará dudas sobre la disponibilidad y calidad de las proyecciones.

A continuación se presenta una tabla resumen con las características de los modelos.

Tabla 8. Resumen de las características de lo modelos climático

Método	Supuestos	Tipo de resultado	Limita-ciones	Datos requeri-dos	Costo	Demanda de tiempo	Demanda Computacional	Habilidades requeridas del analista
Modelo de Circulación General (GCMs)	Simula bien el proceso de cambio climático	Resolución de 200-400 km, datos diarios y mensuales, series medias y tiempo	Grid Boxes baja resolución	Algunos datos para propósitos de validación, combina con 30 años de datos observados	Bajo/ Medio	Medio	PC o estación de trabajo	Moderada
Modelo Climático Regional (RCMs) -existentes	Alta resolución espacial y simula bien el proceso	Resolución de 25-100 km, datos diarios y mensuales, series medias y tiempo	Usa las condi-ciones frontera de GCMs y no pueden ser corregidos los errores	Algunos datos para propósitos de validación, combina con 30 años de datos observados	Bajo/ Medio	Medio	PC o estación de trabajo (es posible algu-nas bases de datos requieran capacidad de almacenamien-to)	Moderada
Modelo Climático Regional (RCMs) -nuevos	Alta resolución espacial y simula bien el proceso	Resolución de 25-100 km, datos diarios y mensuales, series medias y tiempo	Usa las condi-ciones frontera de GCMs y no pueden ser corregidos los errores	Extensivos datos para propósitos de validación e inicialización, combina con 30 años de datos observados	Muy alta	Muy alta	Estación de trabajo o Servidor de Computadoras	Conocimiento amplio del Modelaje Climático
Reducción de escala empírico	Usa relaciones existentes para el cálculo de pequeña escala	Sitios específicos, series de tiempo, datos mensuales y diarios	Relaciones de escala constan-tes en el tiempo	Series extensi-vas mensual y diaria de vari-ables climáticas	Alto por la compra de los datos	Alta	PC o Estación de trabajo	Algún en-tendimiento de dinámica climática
Genera-dores de Clima (CGs)	El clima puede ser descrito como un proceso estocásti-co	Sitios específicos, series de tiempo, da-tos diarios		Series de datos diarios extensi-vas para sitios o redes	Alto por la compra de los datos	Media alta	PC	Algún con-ocimiento de series estadísticas climáticas

7.5 Aumento del nivel del mar

Es importante destacar que el aumento del nivel del mar no es una salida de los modelos de circulación general GCMs. Los métodos que generan esta información incluyen tanto las componentes locales como globales. La estimación del aumento del nivel del mar toma en cuenta el movimiento vertical de la tierra y la erosión costera.

A pesar de la importancia del aumento del nivel del mar en los escenarios, cuando se evalúan los impactos, es el cambio local en el nivel relativo lo que importa, no el promedio global. El nivel relativo u observado del mar es el nivel relativo a la tierra. En estas condiciones el nivel global estimado del aumento del nivel del mar provisto por ejemplo por IPCC no es el apropiado dadas las circunstancias locales.

Seguramente estimar el aumento del nivel del mar en el sitio específico de un proyecto, requiere de una colección extensiva de datos. Las variables más relevantes son:

- La topografía y la geomorfología costera;
- Cambios relativos históricos del nivel mar;
- Tendencias en los patrones de suministro del sedimento y erosión;
- Características hidrológicas y meteorológicas;
- Características oceanográficas.

Utilizando estos datos, elevación digital y modelos hidrodinámicos se puede determinar el área inundada por aumento del nivel del mar. En el caso de los proyectos en los cuales está faltando la información sobre las elevaciones costeras pueden realizarse encuestas que permitan conocer estos datos para las proyecciones del aumento de los niveles del mar.

IPCC TGICA también ha desarrollado guías detalladas de cómo construir los escenarios del aumento relativos del nivel del mar y las fuentes de datos posibles. También estas guías pueden ser consultadas.

Debido al hecho que una encuesta costera y simulaciones hidrodinámicas pueden ser demasiado costosas, una alternativa aceptable para identificar áreas geográficas que pueden estar expuestas a aumentos determinados del nivel del mar es usar algún tipo de sistema de información geográfica. Una superposición de datos de elevación costera desde mediciones satelitales y diferentes condiciones de aumentos del nivel del mar puede producir una aproximación razonable de los impactos costeros.

Los escenarios climáticos normalmente deben ser usados en conjunto con escenarios de variables socio-económicas (por ejemplo: producto interno bruto, población, consumo de energía) para evaluar la vulnerabilidad de un proyecto de energía a los cambios socioeconómicos y cambios climáticos proyectados o de comunidades cercanas al proyecto de energía planeado. Si los escenarios socioeconómicos son requeridos como entradas para evaluar la vulnerabilidad y el impacto, es aconsejable mantener la consistencia entre los supuestos socioeconómicos que apoyan los escenarios climáticos.

Paso 8: Estimar los futuros impactos biofísicos

Una vez que los escenarios climáticos han sido construidos, las relaciones claves entre los cambios en parámetros climáticos tales como: temperaturas promedio, precipitaciones promedio, temperaturas y precipitaciones extremas, aumentos en el nivel del

mar y las tormentas y los impactos en la producción de energía y transmisión, deben ser cuantificadas.

Los modelos biofísicos son una manera de analizar las interacciones entre el clima y la unidad expuesta tales como una cuenca o una carretera. A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo algunos de estos modelos biofísicos pueden ser utilizados:

- **Modelo dosis-respuesta**: estos modelos pueden obtener los efectos de los cambios en precipitaciones y temperaturas promedio en los costos de mantenimiento, construcción y en la vida útil de las infraestructuras de energía eléctrica.

- **Modelos Hidrológicos**: Estos modelos trasladan los cambios en las precipitaciones y temperaturas a cambios en los niveles de agua y escorrentías, lo cual podría ser útil para determinar los cambios extremos en el futuro (inundaciones y sequias).

- **Modelos hidráulicos y/o hidrodinámicos**: Estos modelos pueden ser utilizados para predecir áreas inundadas en el futuro, basados en las precipitaciones y el retiro de infraestructuras protegidas. Ellos también puede predecir las extensas inundaciones por el aumento del nivel del mar.

Es importante hacer notar que los resultados de las evaluaciones de estos impactos tendrán serias implicaciones para el costo de los proyectos. Además, estas evaluaciones deberían proveer, en adición a los impactos biofísicos estimados, una cantidad explicita de incertidumbres asociadas con los métodos e impactos resultantes.

Paso 9: Asignar probabilidades a los impactos identificados

Realizar una evaluación cuantitativa de las necesidades para medidas de adaptación requiere llevar a cabo una estimación de la probabilidad de ocurrencia del cambio climático determinado. Esta es otra tarea que requiere de expertos.

El IPCC usa una escala de probabilidad basada en una evaluación probabilística de algunos resultados bien definidos que puede haber ocurrido en el pasado o pueden ocurrir en el futuro (ver siguiente tabla). El uso de los periodos de retorno y de cambios en los periodos de retorno pretende atacar probabilidades o cambios en las probabilidades de eventos de climas extremos.

A pesar de la incertidumbre inherente a la asignación de probabilidades, los métodos existentes estiman cual podría ser esas probabilidades. Esto incluye lo siguiente:

Terminología	Probabilidad de ocurrencia
Prácticamente cierto	>99% probabilidad de ocurrencia
Muy probable	>90% probabilidad de ocurrencia
Probable	>66% probabilidad de ocurrencia
Tan probable como no probable	33% a 66% probabilidad de ocurrencia
Poco probable	<33% probabilidad de ocurrencia
Muy poco probable	<10% probabilidad de ocurrencia
Excepcionalmente improbable	<1% probabilidad de ocurrencia

- Un método para inferir probabilidades para diferentes condiciones relacionadas a los cambios climáticos implica contabilizar el número de modelos climáticos y los impactos en los cuales el evento ocurre y construir una distribución de probabilidad basada en la frecuencia de la ocurrencia.

- Otro método para estimar probabilidades en el nivel del proyecto es la simulación tipo Monte Carlo basada en escenarios climáticos, sensibilidad climática y proyecciones de cambios a nivel local. Este método puede ser usado para producir distribuciones de probabilidad para cambios en temperaturas y precipitaciones basada en la proyección de escenarios de cambio climático. Los datos de clima generados a través de la simulación Montecarlo puede entonces ser una entrada para los modelos de evaluación, y generar distribuciones de probabilidad de los impactos de cambio climático.

6.2 Evaluación de la vulnerabilidad

La meta de la evaluación de la vulnerabilidad es identificar las vulnerabilidades actuales y futuras y entender las claves que determinan esta vulnerabilidad evaluada. La evaluación de la vulnerabilidad pretende identificar las causas de la vulnerabilidad del sistema debido al cambio climático. Este trabajo ayuda a compensar las incertidumbres en el modelaje y asegurar que las medidas de adaptación son localmente beneficiosas y sostenibles tomando en cuenta el contexto socioeconómico.

Paso 10: Identificar vulnerabilidades

La vulnerabilidad se refiere al grado el cual el sistema es susceptible a los efectos adversos del cambio climático. La vulnerabilidad es una función del carácter, la magnitud, y la relación del cambio climático con la variación a la cual es expuesto, lo que significa la capacidad de sensibilidad y adaptabilidad.

La vulnerabilidad y, en particular, la capacidad de adaptación también se manifiestan en la zona. De verdad, la naturaleza específica y el grado de la vulnerabilidad tienen que ver mucho con el sitio específico y deben ser evaluados a nivel de proyecto.

La identificación y evaluación de la vulnerabilidad a nivel local incrementará la probabilidad de que las medidas de adaptación propuestas sean relevantes. Ambas, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación son también resultado de la interacción entre los factores socioeconómicos y los procesos tales como: nivel de ingresos, y diversificación

Figura 5. Evaluación de vulnerabilidad (del proyecto ante los impactos del cambio climático)

3
Evaluación de vulnerabilidad

- Paso 10: Identificar vulnerabilidades
- Paso 11: Identificar causantes biofísicos de las vulnerabilidades
- Paso 12: Identificar causantes socieconómicos de las vulnerabilidades

de los ingresos, educación, infraestructura, ecosistema y salud humana, participación política y comportamiento individual (OECD 2009).

La información recogida durante una evaluación de la vulnerabilidad puede incluir experiencia local relacionada a los cambios en los patrones de precipitación y disponibilidad de agua, los efectos del calentamiento en la salud vegetativa, incidencia en los eventos climáticos extremos tales como: inundaciones, y fusión de congelación perpetua. Estas son relevantes para diseñar soluciones de ingeniería y de no ingeniería. Están basadas en información observable y ambas puedes ser cualitativas y cuantitativas. La extrapolación desde el presente para predecir como la vulnerabilidad puede cambiar en el futuro, dadas tanto las tendencias climáticas como no climáticas, es un paso esencial para capturar los impactos del cambio climático.

Paso 11: Identificar causantes biofísicos de las vulnerabilidades

Algunos actores biofísicos de vulnerabilidad incluyen administración de tierras pobres, deforestación, agricultura de corta y quema, el monocultivo, e inestabilidad geofísica. Algunos ecosistema, tales como: montanas, también son sensibles a los cambios, mientras que otros son más expuestos a los cambios climáticos y riesgos, tales como: áreas costeras de baja altura.

Como un primer paso, es útil construir mapas que reflejen las áreas expuestas al cambio climático proyectado. Por ejemplo:

- En el futuro un mapa de inundaciones puede ser desarrollado usando mapas de riesgo a inundaciones existentes, mapas de lluvias históricas y mapas de cambios de lluvias proyectados para los años 2020 y 2050.
- En el futuro mapas de sequias pueden ser desarrollados usando mapas de sequias existentes, record de lluvias y temperaturas históricas, y mapas de cambio de las lluvias y las temperaturas proyectadas para los años 2020 y 2050.
- Pueden ser desarrollados mapas que muestren el potencial impacto del aumento del nivel del mar.

Usando sistemas de información geográfica, es posible mapear las áreas que son particularmente vulnerables a la combinación de condiciones locales y variabilidad climática. Esta evaluación puede ser conducida en el contexto inicial de la evaluación ambiental y social del proyecto de energía. En el mapeo se puede detectar áreas que son vulnerables porque sus condiciones geográficas y socioeconómicas tales como:

- Áreas que son sensibles a la topografía, composición de los suelos, inestabilidad geofísica, o elevación (por ejemplo: metros sobre el nivel del mar).
- Áreas en cuencas que son expuestas a los peligros relacionados al clima incluyendo inundaciones, desprendimientos de tierra y sequias y
- Áreas con gran número o concentración de casas pobres.

Paso 12: Identificar causantes socioeconómicos de las vulnerabilidades

Adicionalmente a los factores biofísicos de vulnerabilidad, deberían ser incluidos los factores socioeconómicos en la evaluación de la vulnerabilidad para proveer un entendimiento claro de las posibles áreas de intervención. Para este

Figura 6. Evaluación de adaptación

4
Evaluación de adaptación

- Paso 13: Identificar todas las opciones potenciales de adaptación
- Paso 14: Conducir procesos de consulta
- Paso 15: Conducir análisis económico
- Paso 16: Priorizar y seleccionar opciones de adaptación

propósito, los mapas de vulnerabilidad biofísica pueden ser extendidos para examinar el traslape con el área de población y la población proyectada basados en los escenarios futuros de crecimiento. Es útil en esta etapa identifica los factores socioeconómicos que influencias las capacidades de adaptación. Los indicadores comunes de capacidad de vulnerabilidad incluyen índices de desarrollo humano, densidad de población, nivel de diversificación económica y la extensión de la dependencia en agricultura para el sustento.

Es importante reconocer que los riesgos climáticos pueden cambiar durante la vida de la inversión del proyecto igualmente es importante reconocer que la capacidad de adaptación puede cambiar. Este puede ser el caso de los países en desarrollo, como Nicaragua, en los cuales las condiciones socioeconómicas sufren cambios rápidos y la población crece rápidamente. Por ejemplo, un área con baja población se convierte en un área altamente poblada durante la vida del proyecto. Por lo tanto, la evaluación de las opciones de adaptación pueden ser considerablemente diferentes si están basadas en el supuesto de la población existente, ignorando que la población futura puede ser considerablemente diferente durante el tiempo de vida del proyecto. Estos cambios en vulnerabilidad necesitan ser explícitamente contabilizados en la evaluación, incluyendo los costos y los beneficios de las opciones de adaptación identificadas durante la evaluación de la vulnerabilidad.

También debe señalarse que estas evaluaciones pueden tomar tiempo. En Nicaragua existen algunas fuentes oficiales de información con indicadores macroeconómicos como el Banco Central de Nicaragua, indicadores de desarrollo humanos como las Naciones Unidas, índices financieros como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo BID, y un conjunto de ONG Nacionales, Regionales e Internacionales cuyos sitios WEB pueden ser consultados.

6.3 Evaluación de la adaptación

La meta de la evaluación de la adaptación es identificar y priorizar medidas de adaptación al cambio climático para ser incorporadas en el proyecto. Esto incluye la identificación de estrategias para minimizar los daños provocados por el cambio climático y tomar ventaja de las oportunidades que el mismo cambio climático pueda presentar.

Paso 13: Identificar todas las opciones potenciales de adaptación

Basados en la comprensión de los impactos del cambio climático actuales y esperados, y

en las vulnerabilidades, el equipo de proyecto puede identificar un amplio rango de opciones de adaptación. La evaluación de las opciones de adaptación resulta en una lista priorizada de medidas, las cuales son seleccionadas entre varias opciones, tales como, cambios en los diseños de ingeniería, medidas biofísicas y basadas en ecosistemas, y otras. Estas pueden ser priorizadas basadas en sus beneficios y costos correspondientes en el contexto del proyecto y de sus objetivos, y también en oportunidades para sinergias, o prioridades nacionales, o co-beneficios de difícil medición.

En la sección 4 de la presente guía encuentra una serie de recomendaciones de medidas de adaptación para diferentes tipos de amenazas climáticas.

En algunos casos, las mejores soluciones de adaptación pueden estar fuera de alcance del proyecto específico, pero deben ser debidamente identificadas y expuestas a otro nivel de decisión. Por ejemplo, el manejo de una microcuenca que se vincula con un lago que provee agua a central hídricas de generación, puede implicar a múltiples instituciones y a múltiples involucrados, lo que supera los alcances del proyecto o de la institución formuladora e implementadora; tal como es el caso del Lago de Apanás, y de microcuenca Apanás - Asturias, y las centrales de generación de Larreynaga, La Sirena, Carlos Fonseca, El Barro.

Paso 14: Conducir procesos de consulta

La identificación de opciones de adaptación requerirá necesariamente insumos de un sinnúmero de grupos involucrados. Conducir consultas grupales (talleres, grupos focales) provee útiles insumos para el proceso de identificar y evaluar un amplio rango de opciones. El conocimiento local es invaluable en este proceso, y además asegura participación y empoderamiento por parte de los involucrados en la implementación de las medidas de adaptación.

Paso 15: Efectuar el análisis económico

El objetivo del análisis económico es proporcionar a los tomadores de decisión información pertinente sobre los costos y beneficios esperados de cada opción factible y ordenarlas de acuerdo a los resultados de beneficios netos totales, en términos del valor actual neto. Los efectos del cambio climático sobre el proyecto de generación eléctrica pueden estar vinculados con (i) daños sobre componentes de la infraestructura, que deberán ser reconstruidos, en orden de reestablecer las operaciones del proyecto, y (ii) sobre el nivel de desempeño del proyecto, afectando sus resultados operativos, es decir, el nivel de producción de energía eléctrica. Por lo tanto, los beneficios de las medidas de adaptación estarán relacionados con los:

- costos evitados por reconstrucción,
- costos evitados por producción no perdida (o ingresos no perdidos, por la venta de energía al Sistema Interconectado Nacional –SIN-), así como
- costos evitados por no pérdidas de eficiencia (cuando el caudal por ejemplo, disminuye, y se opera por debajo de las capacidades nominales de producción).

Adicionalmente, el cambio climático, en lugar de costos, puede presentar oportunidades de beneficios para el proyecto, por ejemplo, un mayor precipitación que deriva en mayor caudal, o cambios en temperatura que aumentan las

velocidades del viento; entonces, estos beneficios han de ser también medidos y 'valorados', es decir, expresados en aquellos mayores ingresos por 'ganancias' de eficiencias o de producción explicadas por el cambio climático. Adicionalmente, pueden darse beneficios adicionales de las medidas de adaptación ante el cambio climático. Por ejemplo, la reforestación del lado de una colina con el propósito de proteger de la sedimentación el reservorio de una central hidroeléctrica, puede también derivar en beneficios para el cultivo de frutales; o la plantación de manglares para proteger subestaciones eléctricas o líneas de transmisión puede servir de hábitat para el cultivo de camarón. Estos beneficios adicionales deben ser considerados en el análisis costo beneficio.

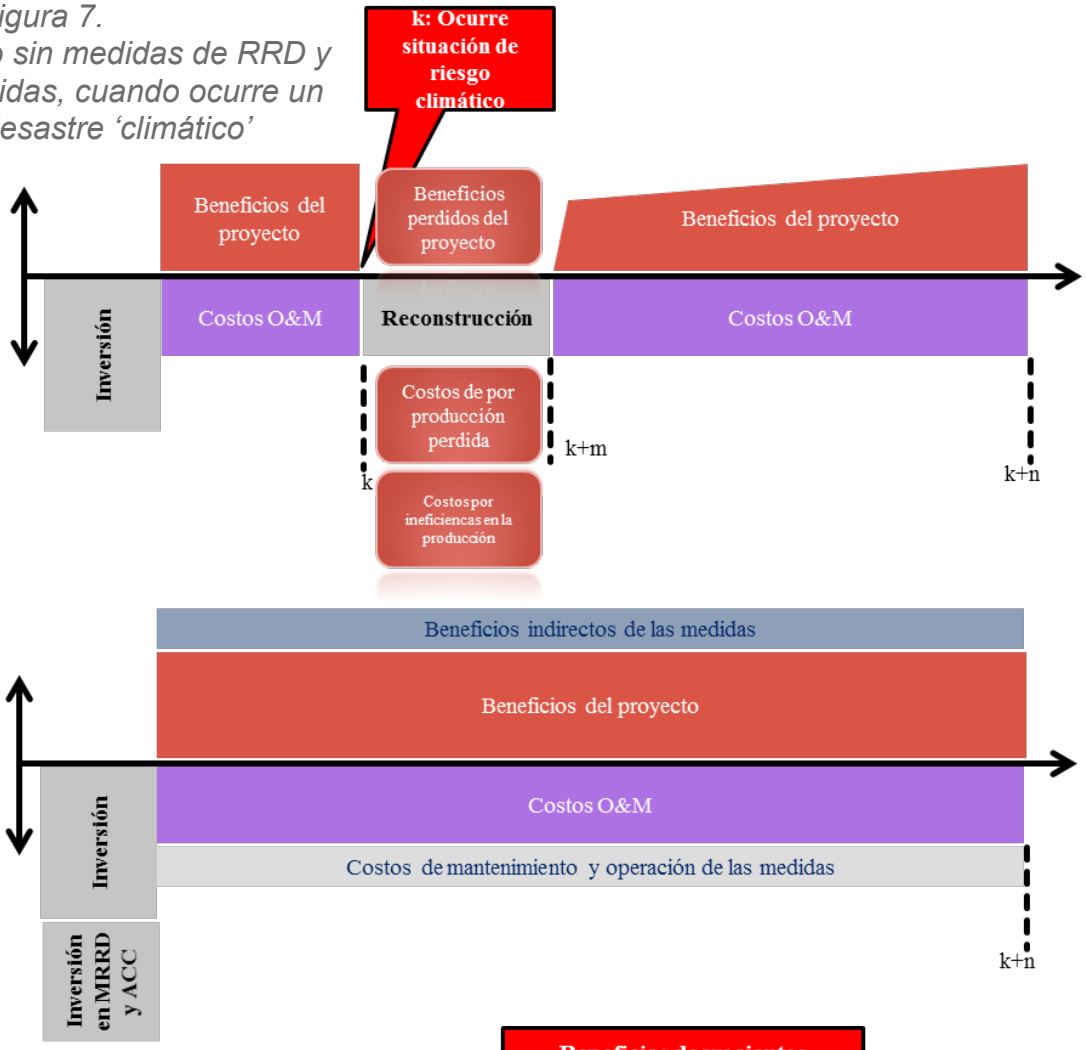
Por otro lado las medidas de adaptación pueden provocar costos. Por ejemplo, el desvío del flujo de agua para prevenir inundaciones en la central hidroeléctrica puede provocar que se inunden zonas productoras. Estos costos deben incluirse en el análisis costo beneficio. Y debe, en el mejor de los casos, pensarse en medidas de reducción del riesgo para no causar estos efectos indirectos negativos de las medidas de adaptación.

La figura 7 muestra el esquema de los flujos de un proyecto con y sin medidas de adaptación frente al cambio climático, suponiendo que ocurre un riesgo climático. Y la figura 8, otro, en donde se ve afectado el resultado operativo, y las medidas de adaptación permiten evitar ese efecto adverso.

Finalmente, es importante reconocer que las amenazas derivadas del cambio climático pueden cambiar a lo largo de la vida útil del proyecto, y es igualmente importante reconocer que también la vulnerabilidad puede cambiar. De lo anterior se hace relevante tratar el riesgo y la incertidumbre en el análisis beneficio – costo de proyecto y de las medidas de adaptación.

Para incorporar el riesgo y la incertidumbre se sugiere realizar análisis de sensibilidad y/o análisis probabilístico. La decisión de hacer uno u otro, o ambos, dependerá principalmente de la disponibilidad de información. Debe reconocerse que si para evaluar un proyecto cualquiera las dificultades para obtener información que permita proyectar el futuro son importantes, para evaluar el proyecto incorporando el cambio climático tales dificultades lo son aún más.

Figura 7.
Flujo del proyecto sin medidas de RRD y ACC vs con medidas, cuando ocurre un evento de desastre 'climático'



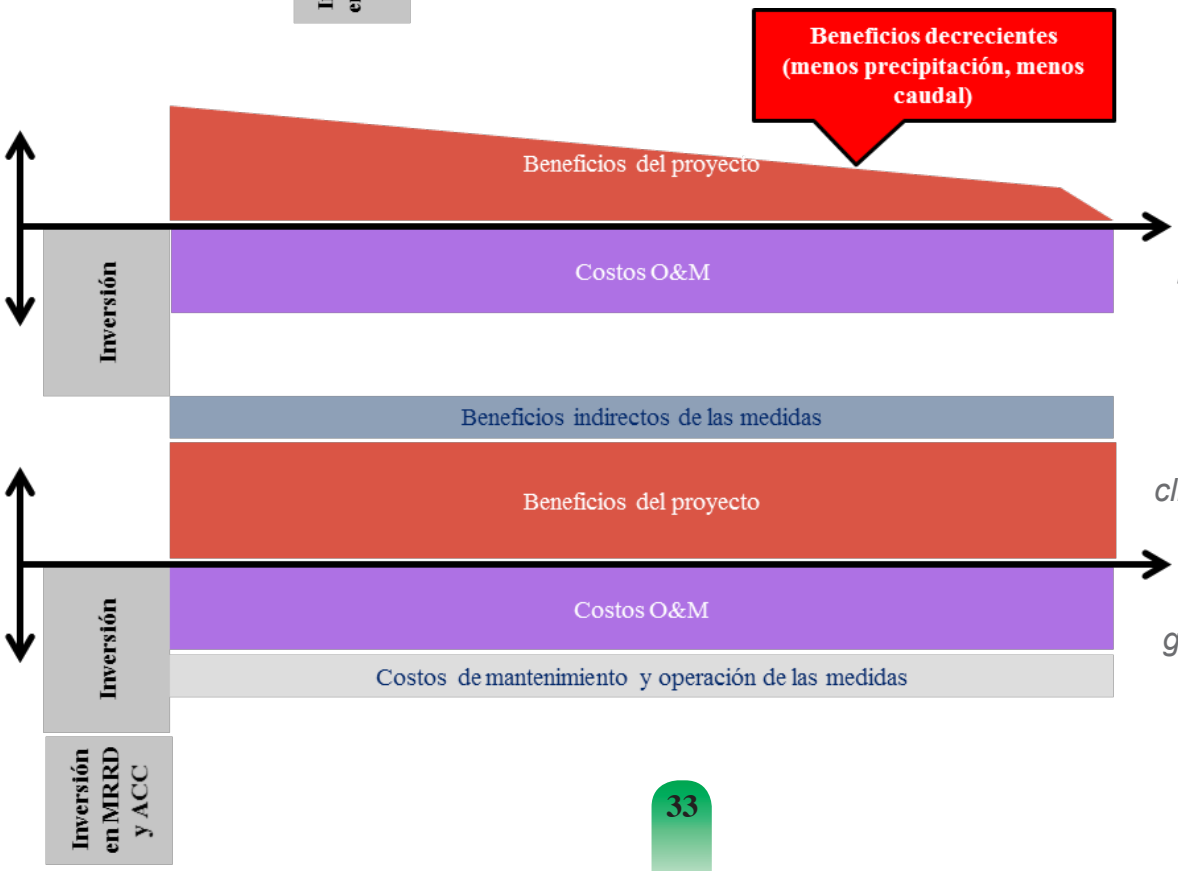


Figura 8.
Flujos del proyecto sin medidas de ACC vs con medidas, cuando el cambio climático afecta el resultado operativo (menor generación de energía)

15.1 Análisis de sensibilidad

Este análisis se recomienda aplicar a variable vinculadas con los impactos sobre la infraestructura y/o equipamiento del proyecto, debido a la ocurrencia de un riesgo climático (deslizamiento, inundación), modificación el valor del daño. Por ejemplo, si el caso base supone que el valor del daño implica un costo de reconstrucción de las obras de embalse equivalentes al 70% de la inversión inicial, un caso de sensibilidad puede ser un incremento en 10% de dicho valor. Esto se vería como sigue:

Caso base

Impacto inicial (Imo): costo de reconstrucción del 70% del valor de inversión inicial Io

Imo = 0.7 x Io

Sensibilidad

Im1 = Imo x (1.1);

Im1 = 0.7 x Io x(1.1)

Si Io = US$ 25 millones, Imo = US$ 17.5, Im1 = 19.25

Si el VANo = US$ 15 millones, y cambia a US$ 12.5 millones debido a aumento del 10% en el valor del impacto del riesgo climático, la elasticidad del VAN (eVAN) es de:

Dicho resultado indica que por cada 1% de aumento en el valor del daño sobre la infraestructura, traducido en costos de reconstrucción, el VAN disminuirá en 1.67%; lo que implica que el VAN es sensible a cambios en los costos de reconstrucción.

Otra variable, que se recomienda sensibilizar son las pérdidas de producción debido al cambio climático, por ejemplo, suponer una valor inicial de capacidad efectiva de generación (dado un caudal actualmente observado), y hacer variar dicho valor, por ejemplo, reduciéndolo, un 10%, con lo cual, baja la capacidad de generación efectiva, y consecuentemente, los ingresos del proyecto.

Se recomienda construir una tabla de sensibilidad como la mostrada.

Tabla 9. Esquema de resumen de análisis de sensibilidad

Variable	Caso Base	Sensibilidad	eVAN	Valor crítico[1]
Costo de reconstrucción	70% de la inversión inicial	+10%	-1.67	+25% (un costo de reconstrucción del 87.5% de la inversión inicial, hace el VAN cero)
Reducción de producción efectiva	Factor de planta 55%	-10%	-2.1	-12% (un factor de planta 48.4% hace el VAN cero)

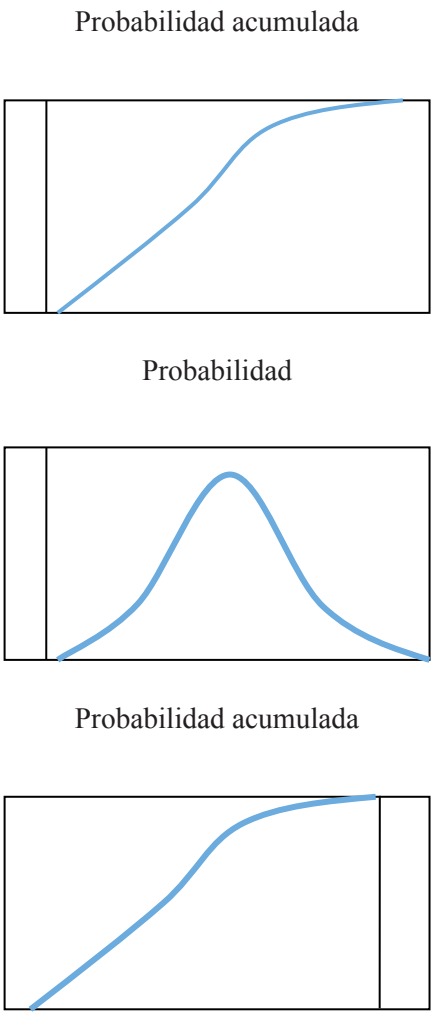
El objetivo de la sensibilidad es determinar el efecto de dicho caso o escenario sobre el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto. En este sentido se recomienda determinar la elasticidad del VAN frente a cambios en las diferentes variables sujetas de análisis de sensibilidad. Como sigue:

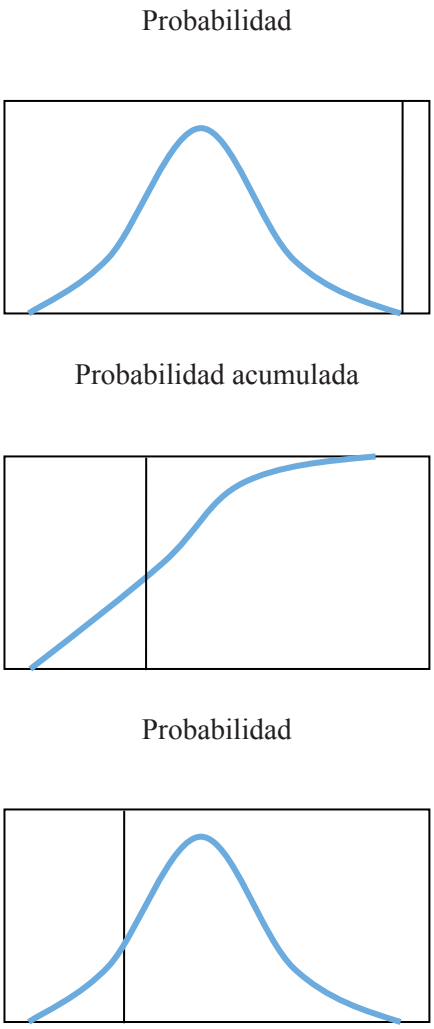
15.2 Análisis probabilístico

Este análisis implica asociar una determinada distribución de probabilidad a la variable que será sujeta de análisis. Se recomienda hacer esto para variables tales como la precipitación, que vinculada con el caudal, podría permitir simular valores de producción de energía y con ello simular el comportamiento del VAN.

El resultado de este análisis, será por lo tanto una función distribución del VAN, que ayudará a determinar la conveniencia del proyecto en condiciones de incertidumbre. La figura 9 muestra diferentes funciones de distribución de probabilidad de los valores del VAN y los criterio de decisión correspondientes.

Figura 9. Funciones de distribución del VAN ante incertidumbre y criterios de decisión





Paso 16 : Priorizar y seleccionar opciones de adaptación

Como se dijo antes, el resultado de las evaluaciones de las medidas de adaptación ha de ser una lista priorizada de opciones para implementación. Esta priorización puede estar basada en múltiples criterios, entre los cuales el VAN es uno de ellos. Las pericias requeridas para priorizar y seleccionar opciones de adaptación es multidisciplinaria siendo uno de los aspectos más desafiantes de la planificación de la adaptación. Las opciones deben ser científicamente válidas, socialmente beneficiosas (convenientes) y económicamente viables.

Los ingredientes de análisis multicriterio son los objetivos, las medidas alternativas / intervenciones, criterios (o atributos), y las puntuaciones que miden o el valor de desempeño de una opción de acuerdo a los criterios y pesos (aplicados a los criterios).

Tabla 10. Ejemplo de matriz multicriterio

Indicadores de evaluación	Descripciones	Peso	Puntuación					
			NA	5	4	3	2	1
Política pública e institución								
Consistencia y relevancia con las políticas y metas nacionales y sectoriales de adaptación	Este indicador cubre el grado de relevancia de las opciones de adaptación, con las políticas, planes y programas nacionales y sectoriales	10%						
Aceptabilidad por parte del organismo o institución ejecutora	Nivel de aceptación de las opciones de adaptación por parte de las instituciones participantes, y principalmente la ejecutora	10%						
Capacidad técnica de las instituciones para la implementación de las opciones	Se refieren a las capacidades institucionales para la implementación de las opciones de adaptación	10%						
Capacidad física de las instituciones para la implementación de las opciones		10%						
Capacidad financiera de las instituciones para la implementación de las opciones		15%						
Socioeconómica								
Aceptabilidad de la comunidad	Evaluación del nivel de familiarización y de aceptabilidad de las comunidades de las opciones de adaptación	15%						
Sostenibilidad de la opción de adaptación	La comunidad (o involucrados relevantes, como la empresa pública de generación), continuará con las medidas de adaptación luego del retiro del apoyo del financiador	10%						
Posibilidad de éxito en el incremento de la capacidad adaptativa	Evalúa el grado en el que una opción de adaptación mejor prepara a las comunidades para el cambio climático	5%						
Económica y Financiera								

Tabla 10. Ejemplo de matriz multicriterio								
Indicadores de evaluación	Descripciones	Peso	Puntuación					
			NA	5	4	3	2	1
Asequibilidad financiera y factibilidad técnica	Como es determinado en el diseño del proyecto y análisis de factibilidad	5%						
Retorno económico	Evalúa el grado con el cual la opción de adaptación contribuye con el bienestar social (esto es el VAN)	5%						
Ambiental								
Ambientalmente sostenible	Sus impactos sobre el ambiente son en el largo plazo sostenibles	5%						
Otros…		…						
Puntuación total								

La matriz, como la mostrada en la Tabla 10, ha de aplicarse a cada opción de adaptación, con lo cual se tendrán las opciones con sus puntajes, eligiéndose aquella con mayor puntaje ponderado.

El resultado de las evaluaciones de las opciones de adaptación puede resultar en tres tipos de diferentes decisiones:

Decisión de tipo 1: Invertir ahora en la protección del proyecto frente al cambio climático, tanto en el diseño como en su implementación

Una decisión de tipo 1 puede resultar de circunstancias donde:

- Los costos de protección ante el cambio climático ahora, se estima que son relativamente pequeños, mientras que los beneficios (los costos evitados esperados de impactos del cambio climático), se estiman bastante grandes; y/o

- Los costos de protección ante el cambio climático, en un momento posterior del tiempo son prohibitivos, o la protección ante el cambio climático en un momento posterior no es técnicamente posible; y/o

- Entre un conjunto de opciones de adaptación al cambio climático, hay opciones que entregan beneficios netos positivos (VAN mayor que cero), sin importar la naturaleza y extensión del cambio climático, incluyendo las condiciones climáticas actuales; y/o

- El conjunto de opciones de adaptación incluye una o más que no sólo reducen el riesgo climático del proyecto, sino que generan otros beneficios sociales, ambientales o económicos.

Decisión de tipo 2: No invertir ahora en protección ante el cambio climático, pero diseñar el proyecto de tal manera que en el futuro es ajustable para estar 'climáticamente protegido'.

Una decisión de tipo 2 apela a que el proyecto esté 'listo' para ser climáticamente protegido cuando lo requiera. Por ejemplo, puede ocurrir que la amenaza subida del nivel del lago es distante en el futuro, lo que no amerita la construcción de diques hoy (ahora), ajustados para esos nivel futuros, puede decidirse dejar las bases del dique lo suficientemente 'fuertes' y 'grandes' hoy, a fin de aumentar la altura de los diques en el futuro.

Decisión de tipo 3: No hacer cambios en el diseño del proyecto, monitorear cambios en las variables climáticas y sus posibles impactos sobre el proyecto (infraestructura, activos y su desempeño), e invertir en protección climática siempre y cuando sea requerido en el futuro.

- Esta decisión ocurre bajo las circunstancias siguientes:
- Los costos de la protección climática son estimados más grandes que los beneficios esperados; y/o
- Los costos (en valores presentes) de la protección climática en un momento posterior (en el futuro), se esperan no sean más grandes que los costos de la protección climática ahora; y/o
- Los beneficios de la protección climática son estimados relativamente bajos.

Las decisiones de tipo 2 y 3 están referidas a la 'Gestión Adaptativa' que consiste en implementar opciones incrementales de adaptación a lo largo de la vida del proyecto, según vaya siendo requerido.

6.4 Arreglos de implementación

El objetivo de este proceso es asegurar la efectiva implementación de las medidas de adaptación.

Una estrategia ideal de adaptación será aquella integral que incluya una mezcla de soluciones. Esto es porque las causas de la vulnerabilidad son diversas y estarán relacionadas a desafíos sociales, ambientales, de ingeniería, de política, e institucionales. La efectiva implementación de estrategias de adaptación requiere el establecimiento de funciones y responsabilidades, la capacitación sobre la base de necesidades, y un marco de seguimiento y evaluación.

Paso 17: Establecer arreglos para la implementación

Una organización líder se debe seleccionar para implementar las medidas de adaptación. Mientras que esta institución puede ser el organismo ejecutor principal responsable del proyecto del sector de energía (como un ministerio de Energía o la empresa de generación de energía), la participación de otros ministerios, organizaciones e institutos en el país puede que sea necesario dada la naturaleza de las actividades de adaptación. Por ejemplo, muchas de estrategias de adaptación "de bajo riesgo", como la mejora en el manejo de cuencas o rehabilitación de manglares para proteger la infraestructura, pueden requerir la participación del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, o del Instituto Nacional Forestal.

Figura 10. Arreglos de implementación

5
Arreglo de implementación

- Paso 17: Establecer arreglos para la implementación
- Paso 18: Identificar necesidades de apoyo técnica y construcción de capacidades

Figura 11. Monitoreo y evaluación

6
Monitoreo y evaluación

- Paso 19: Diseñar el plan de monitoreo y evaluación, incluyendo indicadores de desempe;o adecuados
- Paso 20: Retroalimentación a los procesos de formulación de política y gestión del conocimiento

En cualquier caso es importante identificar a todas las instituciones requeridas para la implementación y esto parte con la determinación de las actividades que conlleva la implementación de las opciones de adaptación, y del entendimiento y reconocimiento de los ámbitos de las diferentes instituciones identificadas. La coordinación interinstitucional es clave. El rol de la institución líder es provocar sinergias que generen ganancias de efectividad y eficiencias en la implementación. Un buen diseño puede terminar en un proyecto fallido debido a una deficiente implementación.

Paso 18: Identificar necesidades de apoyo técnica y construcción de capacidades

La experiencia indica que la capacidad y el conocimiento requerido para la gestión del cambio climático y la adaptación actualmente están limitadas. La formación y la construcción de capacidad institucionales, de agencias ejecutoras y de las comunidades locales, serán probablemente requeridas. Una evaluación de las capacidades institucionales y de las brechas existentes deben ser debidamente realizadas, y derivado de ello un plan de formación y construcción de capacidades. Este plan debe ser conocido por todos los involucrados. Los costos de este plan deben ser estimados y financiados por los involucrados, según corresponda. La institución líder del proyecto debe asegurarse de la implementación de dicho plan.

6.5 Monitoreo y Evaluación

El objetivo de este proceso es el de asegurar transparencia, cumplimiento de metas, logro de resultados, y lecciones aprendidas para informar futuros esfuerzos de adaptación al cambio climático de proyectos de energía.

Paso 19: Diseñar el plan de monitoreo y evaluación, incluyendo indicadores de desempeño adecuados

Hay poca experiencia a nivel mundial en la comprensión de la eficacia de las diferentes opciones de adaptación para reducir la vulnerabilidad al cambio climático en el sector de energía. En tal contexto, el monitoreo y la evaluación es más importante para desarrollar este conocimiento.

Los sistemas de monitoreo y evaluación permiten medir sobre la marcha el desempeño del proyecto, durante su fase de ejecución, y luego en su fase de operación, incluidas las medidas de adaptación. Además, permiten determinar qué funciona y qué no. Es aquí en donde ha de centrarse el monitoreo y evaluación a fin de generar aprendizajes que pueden

ser retomados por futuros proyectos de generación de energía eléctrica. En definitiva el monitoreo y evaluación ayudan entender:

- cómo las intervenciones de adaptación influencia y son influenciadas por políticas, instituciones y otros factores;
- qué factores contribuyen a la adaptación autónoma;
- cómo desarrollar nuevas estrategias de adaptación para hacer frente a los efectos del cambio climático;
- evidencia de resiliencia a los eventos anteriores relacionados con el clima; niveles social y económicamente aceptables de riesgo en la toma de decisiones.

Paso 20: Retroalimentación a los procesos de formulación de políticas y gestión del conocimiento

Una estrategia de adaptación adecuada es probable que esté compuesta de una serie de actividades que incluyen medidas de ingeniería, y medidas no de ingeniería, tales como medidas de resiliencia de los ecosistemas y sistemas de alerta temprana ante desastres. Las lecciones de adaptación de las medidas adoptadas a nivel de proyecto deben ser informadas a los responsables de las políticas de adaptación, de manera que haya conocimiento sobre los enfoques apropiados a nivel sectorial y/o o nacional.

La institución líder del proyecto debe sistematizar todos los aprendizajes y divulgarlos entre todos los actores relevantes, a fin de continuar generando conocimiento de retroalimente otros proyectos actuales (en implementación) y los futuros.

Bibliografía

(i) Metodología General de Preinversión. Dirección General de Inversiones Públicas, Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua, 2012.

(ii) Metodología de preparación y evaluación de proyectos de infraestructura vial. Dirección General de Inversiones Públicas, Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua, 2012.

(iii) Climate Risk and Adaptation in the Electric Power Sector. Asian Development Bank, 2012.

(iv) Van Vliet, M. T. H. et al. Vulnerability of US and European electricity supply to climate change. Nature Clim. Change 2, 676–681, 2012.

(v) Kimmell, T. A. & Veil, J. A. Impact of Drought on US Steam Electric Power Plant Cooling Water Intakes and Related Water Resource Management Issues Report No. DOE/NETL-2009/1364 (National Energy Technology Laboratory, 2009).

(vi) The U.S. Electric Power Sector and Climate Change Mitigation. The Pew Center on Global Climate Change, 2005.

(vii) The Electric Power Industry and Climate Change: Power Systems Research Possibilities. Power Systems Engineering Research Center, 2007.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza
en América Central