

III La evaluación de flujos de inversión y de financiamiento para mitigación en el sector de la energía



3.1 Introducción

El sector de la energía es la principal fuente de emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), y actualmente explica aproximadamente el 70% de las emisiones combinadas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), y óxido nitroso (N₂O).¹ Más del 95% de las emisiones de GEI relacionadas con la energía provienen de la combustión de combustibles fósiles². El sector de la energía también es la fuente dominante de GEI en la mayoría de los países, tanto en términos de emisiones como del índice de crecimiento de las emisiones. Además, las emisiones provenientes del sector de la energía están aumentando más rápidamente en los países de reciente industrialización.

Las opciones de mitigación del sector de la energía pueden reducir las emisiones de GEI mientras contribuyen al desarrollo sostenible y se mejora el nivel de vida a través de diversos beneficios adjuntos potenciales.³ Los beneficios adjuntos de las medidas de mitigación se pueden ver reflejados en los indicadores sociales, ambientales y económicos tal como se demuestra en los siguientes ejemplos:

- La incorporación de fuentes de energía y tecnologías más limpias pueden dar como resultado, por ejemplo, una reducción de la contaminación local del aire y la reducción de los daños a la salud humana y la salud ecológica.
- Un mejoramiento en la seguridad energética y la balanza comercial son el resultado del uso de fuentes de energía disponibles localmente y/o más económicas, así como de generación de energía más eficiente o tecnologías de usuario final.
- Facilitar el acceso a servicios de energía modernos. Este es el caso cuando la electricidad sustituye otros portadores de energía con menos eficiencia y riesgos asociados para la salud y el medio ambiente más altos (por ejemplo, cuando la quema de biomasa era la principal fuente para cocinar, iluminar y calefaccionar el hogar).

¹ Según datos de IPCC (2000) e IPCC (2007):

IPCC, 2000, *Special Report on Emissions Scenarios*, N. Nakicenovic y R. Swart (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 570 pgs. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/special-reports.htm>

IPCC, 2007, Cambio climático 2007: Mitigación. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EE.UU., 851pgs. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

² Según datos de EDGAR (*Emission Database for Global Atmospheric Research*), Disponible en : <http://www.mnp.nl/edgar/>

³ Los beneficios adjuntos se llaman también “efectos indirectos positivos” en el Capítulo II. Aquí se emplea el término “beneficios adjuntos” porque es el que se usa típicamente en la literatura de mitigación de GEI.

- Reducir el costo de la energía y, de este modo, ampliar el acceso a una energía más costeable.
- Ampliar las oportunidades de empleo a través de nuevas capacidades de producción y subsectores de servicio, por ejemplo, a través de empleos en nuevas instalaciones de energía, servicios de energías renovables, servicios de distribución de electricidad, y construcción y mantenimiento asociados).

Se desprende de lo anterior que algunas medidas de mitigación pueden dar como resultado ahorros netos debido a las reducciones en los requerimientos de combustible. Aquel sería el caso, en particular, si los ahorros en combustible derivados de una opción de mitigación (por ejemplo, un programa de mejoramiento de la eficiencia energética) durante un período de tiempo más que compensan por la inversión asociada (por ejemplo, en equipo eléctrico más eficiente) y los costos de operación y mantenimiento. Además, las medidas de mitigación que implican inversiones en infraestructura tendrán beneficios a largo plazo en los gases de efecto invernadero, y no sólo en éstos, debido a las largas vidas útiles de las existencias de capital en infraestructura. Tales inversiones incluyen inversiones en infraestructura para suministro de energía (por ejemplo, nuevas centrales eléctricas), e infraestructura para utilización final de energía (por ejemplo, instalaciones de producción industrial de alto consumo energético, edificios, e infraestructura para transporte).

Dadas las limitaciones de tiempo y recursos del ejercicio de evaluación de flujos de inversión y de financiamiento, éste sólo se puede centrar en una cantidad limitada de opciones de mitigación claves, aplicables en subsectores de energía prioritarios, en vez de intentar estimar el costo total de poner en práctica todas las opciones de mitigación posibles. Esto implica (tal como se indica en la descripción paso a paso que se presenta a continuación) que el equipo de evaluación deberá evaluar el alcance y seleccionar las opciones de mitigación que se incluirán en el ejercicio de evaluación de acuerdo con las estrategias y necesidades de desarrollo del país anfitrión, así como otros criterios relevantes desde el punto de vista del país. Antes de abordar este paso de evaluación y selección es importante tener en mente la amplia variedad de opciones de mitigación disponibles en el sector de la energía. Tales opciones pueden abarcar medidas que se pongan en práctica en los diferentes subsectores de demanda y suministro de energía, e incluir diferentes tipos de fuentes, usos y producción de energía y tecnologías de usuario final. La Tabla 3-1 presenta una aproximación a la variedad de subsectores y áreas que ofrecen posibilidades de mitigación.

Observe que algunas opciones de mitigación relacionadas con la energía se dejarán de lado para evitar el doble conteo, por ejemplo, como en el caso de las opciones de mitigación asociadas con la producción de biomasa agrícola y proveniente de la madera para producir biocombustible (por ejemplo, para reducir las emisiones de N_2O provenientes del uso de fertilizantes) o porque tales actividades de producción están intrínsecamente relacionadas con la silvicultura y la agricultura. Las partes de la Tabla 3-1 que son relevantes para una evaluación

de flujos de inversión y de financiamiento en un país determinado son completamente específicas para el país, tal como se analiza a continuación en la sección 3.2.

Tal como se indica en la Tabla 3-1, cada país que participa en la evaluación deberá escoger entre una gran cantidad de opciones de mitigación que se pueden poner en práctica en el aspecto del suministro de energía (o un subsector de suministro específico como la extracción de combustibles primarios, procesamiento y transformación de formas de energía secundarias y terciarias, etc.) así como en diversos sectores de utilización final. Entre los usuarios finales se encuentran aquellos que utilizan (o “demandan”) energía, como son la producción industrial, el transporte, y el uso de energía residencial.

Si los análisis previos (como las Evaluaciones de necesidades en materia de tecnología, los Estudios de mitigación estratégica o las Comunicaciones Nacionales) ya identificaron un listado de opciones de mitigación prioritarias que todavía es válido para las condiciones actuales y la estrategia de desarrollo del país, la principal tarea del equipo de evaluación consistirá en estimar los costos adicionales de flujos de inversión y de financiamiento, y operación y mantenimiento, de poner en práctica tales opciones y sus repercusiones en materia de políticas.

Si no existe un listado de prioridades de mitigación, el equipo deberá crearlo según las pautas que se ofrecen a continuación.

A modo de ejemplo, es importante mencionar que los subsectores de suministro de energía pueden adoptar medidas de mitigación que reducen, ya sea:

- 1) Emisiones producidas por la combustión provenientes de las industrias de producción de energía, y extracción y combustión de combustible (por ejemplo, mediante la sustitución de combustibles con alto nivel de emisiones de GEI para contar con opciones más limpias en las centrales energéticas, adoptando tecnologías más limpias como cuando se invierte en instalaciones de cogeneración, etc.); o
- 2) Emisiones fugitivas, por ejemplo, provenientes de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles.

Por otro lado, las medidas de mitigación puestas en práctica por parte de los subsectores de demanda energética (utilización final) reducen ya sea la demanda energética a través de más eficiencia en tecnologías de utilización final para producción primaria, industrial o de servicio (transporte, energía, construcción, etc.) (por ejemplo, artefactos y calderas de alta eficiencia), o mediante la sustitución de combustibles fósiles (por ejemplo, sistema doméstico e industrial para calentar agua con energía solar).

En términos más generales, las reducciones en las emisiones de GEI relacionadas con la energía se pueden alcanzar a través de ya sea más eficiencia en el uso o la producción de energía, o la

reducción de emisiones por unidad de producción energética a través de cambios tecnológicos o en las fuentes de energía. La Tabla 3-2 enumera medidas de mitigación para cada una de estas categorías de medidas. En la sección 3.2 se analizan medidas de mitigación más específicas.

Tabla 3-1 Alcance del sector de la energía (abarcando diferentes subsectores de demanda y suministro, fuentes y portadores de energía, así como tecnologías de producción y utilización final)

Recursos	Tecnologías de Conversión y Proceso	Portadores de energía	Tecnologías de segunda transformación?	Subsectores de utilización final
Carbón	Combustión/cogeneración energética	Carbón	Procesos industriales	INDUSTRIAL Producción Calefacción de locales Iluminación
Petróleo	Liquefacción	Líquidos refinados	Calor industrial	Comercial Calefacción de locales Aire acondicionado Iluminación
Gas Natural	Lavado de carbón y coque	Gas Natural y Metano de carbón	Electricidad industrial	Residencial urbano Iluminación Cocina Calefacción de locales y del agua
Metano de carbón	Centrales de calefacción	Gas de síntesis	Calefacción de locales comerciales	Residencial rural Cocina Calefacción de locales y del agua
Uranio	Refinado de petróleo	Electricidad	Aire acondicionado comercial	Agrícola Motores eléctricos Procesamiento Riego Maquinaria agrícola
Biomasa	Energía de celda de combustible / cogeneración energética	Calor	Cocina urbana y calefacción del agua	Transporte Aéreo Naviero Vial Ferroviario Conductos
Geotérmicos	Producción de hidrógeno	Biogas	Calefacción de espacios urbanos	
Hidrógeno	Producción de etanol	Hidrógeno	Aire acondicionado urbano	
Solares	Gasificador/Digestor		Iluminación y aparatos	
Eólicos	Energía nuclear		Cocina rural y calefacción del agua	
	Energía hidráulica		Procesos	

			agrícolas	
	Energía solar		Transporte de pasajeros	
	Energía eólica		Transporte de carga	

Nota: Este listado de subsectores, fuentes, portadores y tecnologías sólo se presenta para fines ilustrativos. No todos ellos se encuentran siempre presentes en diferentes países en desarrollo, y para fines de la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento, es probable que sólo se seleccionen algunos de ellos (o incluso otros subsectores definidos en distintos niveles de agregación).

Fuente: E.D. Larson, DeLaquil P. Wu Z. Chen W., y P. Gao (2002): Explorando de implicaciones el año 2050 de las opciones de tecnología de energía para China. Preparado para la Sexta Conferencia de Tecnologías de Control de Gases de Efecto Invernadero, Kyoto, Japón, 30 sept a 4 oct, 2002. Disponible en: http://www.princeton.edu/pei/energy/publications/texts/Larson_Kyoto_-02.pdf.

3.2 La aplicación de la metodología de flujos de inversión y de financiamiento a la mitigación en el sector de la energía

Esta sección describe cómo se aplicaría la metodología de flujos de inversión y de financiamiento descrita en el Capítulo II para calcular las necesidades financieras adicionales para poner en práctica las principales opciones de mitigación en el sector de la energía. Por este motivo, y para evitar repetir parte de la información que se proporciona en el Capítulo II que es pertinente a todos los sectores, no se incluye en este capítulo. Se recomienda leer atentamente el Capítulo II antes de éste.

Tal como se describe en el Capítulo II, la estimación de flujos de inversión y de financiamiento implica una serie de ocho pasos que se describirá en detalle a continuación:

- 1) Establecer los principales parámetros de la evaluación
- 2) Recopilar los datos pertinentes (histórico, actual y proyección) para elaborar el escenario
- 3) Definir el escenario de línea de base
- 4) Calcular los flujos de inversión y de financiamiento, y los costos de operación y mantenimiento para línea de base
- 5) Definir el escenario de mitigación
- 6) Calcular flujos de inversión y de financiamiento, y los costos para el escenario de mitigación
- 7) Calcular los cambios en flujos de inversión, flujos de financiamiento y costos de operación y mantenimiento para ejecutar el escenario de mitigación
- 8) Evaluar las repercusiones en materia de políticas

Paso 1: Establecer los principales parámetros de la evaluación

>>> Definir un alcance detallado del sector

En este paso, el equipo de evaluación definirá los subsectores precisos que se incluirán en la Evaluación de flujos de inversión y de financiamiento. Esto implica seleccionar las actividades, entidades, regiones geográficas y procesos específicos a incluir en el sector de la energía para fines de la Evaluación de flujos de inversión y de financiamiento. Se recomienda incluir los componentes más importantes del subsector de suministro de energía, así como los subsectores más importantes de utilización final. La selección de los subsectores, y exactamente cuán amplia o reducidamente se definirán, dependerá de las circunstancias nacionales, las prioridades y la disponibilidad de datos. Las circunstancias nacionales hacen referencia, más específicamente, a la estructura de cada subsector y la importancia relativa de sus componentes en términos de emisiones de GEI, oportunidades de mitigación eficaz, contribución a la economía nacional y potencial de crecimiento económico, y su relación con los planes de desarrollo nacionales y sectoriales. Esta opción dependerá también de la disponibilidad de datos, y considerará la estructura de las entidades del gobierno nacional

donde residen los datos, y el alcance de las evaluaciones relacionadas que se han completado (y los subsectores incluidos), especialmente el análisis de opciones de mitigación para las Comunicaciones Nacionales y otras evaluaciones de mitigación que se hayan realizado.

Existen diversas maneras de definir los subsectores de utilización final de energía. La definición más simple que se aplica normalmente tiene relación con tres sectores: industrial, residencial y transporte (consulte, por ejemplo, el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC⁴). La Tabla 3-1, por otro lado, presenta un listado más desagregado y completo de seis sectores de utilización final: industrial, comercial, residencial urbano, residencial rural, agricultura, y transporte, tomando en cuenta que más detalles sobre el alcance de los subsectores analizados puede ser de interés en los países en desarrollo. La forma en que los países escojan definir sus sectores de utilización final dependerá de las prioridades y las circunstancias nacionales, así como de la disponibilidad de datos y para garantizar la compatibilidad con otras fuentes de datos como las Comunicaciones Nacionales y los estudios por sector.

Además, se debe tener en mente que el nivel de agregación del sector debe ser compatible con las prácticas habituales del análisis sectorial en el país. Por ejemplo, si se acostumbra realizar el análisis sectorial empleando un modelo analítico específico (por ejemplo, para realizar proyecciones, cálculos y para calcular las necesidades de costo de operación e inversión) el nivel de agregación adoptado para la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento debe ser compatible con aquel modelo y aquellos datos. El Cuadro 1 al final del capítulo presenta un análisis más acabado de los modelos de energía.

El alcance de las emisiones de GEI de la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento se puede determinar evaluando la correspondencia entre subsectores de suministro y demanda de energía incluidos en la evaluación, y la estructura y resultados del inventario nacional de GEI. Sin embargo, no es el objetivo de la evaluación proporcionar una estimación física del potencial de mitigación asociado con los flujos de inversión y de financiamiento medidos. Los países por separado pueden optar por calcular los esfuerzos financieros asociados con la mitigación en términos (monetarios) absolutos, así como en términos relativos (\$ por tonelada de GEI reducida).

Cabe destacar importantes conexiones directas entre el sector de la energía, tal como se define para la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento, y otros sectores. Por ejemplo, el sector de la energía recibe importantes aportes de los sectores de la agricultura y la silvicultura, la gestión de desechos, y la gestión de los recursos hídricos. Los sectores de la agricultura y la silvicultura son los principales proveedores de materia prima para la producción de biocombustible. El sector de la gestión de desechos es una fuente de energía a través de la

⁴ IPCC, 2007, Cambio climático 2007: Mitigación. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EE.UU., 851pgs. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

incineración de desechos, y la recolección y uso de metano de vertedero. El sector de la gestión de recursos hídricos proporciona aportes para la generación de energía hidráulica y para el enfriamiento en la producción de calor y electricidad. Se debe tener precaución de no realizar un doble conteo de flujos de inversión y de financiamiento debido a la repetición de elementos por sector (por ejemplo, la sustitución de materiales de alto consumo energético con biomasa proveniente de la madera se podría incluir en la mitigación de energía o la mitigación forestal), y evitar así resultados contradictorios (por ejemplo, si el desarrollo de energía hidráulica es una opción de mitigación para el sector de la energía, las medidas de adaptación en el sector del agua no deberían suponer condiciones de desarrollo previas a la energía hidráulica). Siempre que surjan repeticiones debido a la elección de sectores de mitigación y adaptación incluidos en la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento del país, una subsección específica debe indicar cómo se evitará el doble conteo (por ejemplo, estableciendo los procesos y/u opciones a incluir en cada sector).

>>> Especificar el período de evaluación y el año de base

Esta metodología recomienda un período de evaluación de 25 años, con 2005 como año de base. Si otro año se debe emplear como año de base debido a limitaciones de datos u otras circunstancias nacionales, el período de evaluación debe igualmente durar 25 años, debido a los extensos períodos de vida de la infraestructura para energía.

>>> Identificar las medidas preliminares de mitigación

Se debe identificar un conjunto preliminar de opciones de mitigación para cada subsector pertinente de suministro de energía y cada subsector de utilización final de energía seleccionado para la evaluación. La Tabla 3-3 presenta un listado de opciones generales de mitigación por subsector. El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo III del IPCC,⁵ y las referencias ahí contenidas, proporcionan descripciones más detalladas de las medidas de mitigación para los subsectores de suministro de energía y utilización final de energía.

La selección de opciones se debe basar en el alcance por sector, las prioridades de país para el sector, los resultados anteriores en prioridades de mitigación (por ejemplo, de las Comunicaciones Nacionales), la concordancia con planes y objetivos de desarrollo nacionales y sectoriales, características de demanda y suministro de energía actuales y esperadas para el futuro. Estos últimos están relacionados con fuentes de combustible, subsectores de demanda que experimentan un gran crecimiento, etc.

⁵ IPCC, 2007, Cambio climático 2007: Mitigación. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EE.UU., 851pgs. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Los siguientes son otros criterios que un país debe considerar para priorizar opciones de mitigación:

- Costos de capital y operación
- Potencial de mitigación de GEI,
- Beneficios ambientales y sociales adjuntos
- Beneficios económicos adjuntos a nivel macro y micro (impactos en el crecimiento y la balanza de pagos, impactos en el desarrollo, creación de empleos, etc.)

El resultado de este ejercicio de identificación y priorización, sería un breve listado de opciones de mitigación (por ejemplo, no menos de 5 e idealmente no más de 15 opciones por el bien de la tratabilidad y a fin de mantener manejable el análisis de políticas).

Tabla 3-2: Medidas de mitigación en el sector de la energía

Subsector Primario	Subsector secundario	Medidas de mitigación	
		Mejorar la eficiencia del uso de la energía	Reducir las emisiones por unidad de energía
Suministro de energía	Generación de electricidad y calor (centrales eléctricas, plantas de cogeneración energética, centrales de calefacción)	Mejoras en la eficiencia de la planta (mejorar las plantas existentes, construir nuevas plantas de eficiencia más alta)	Cambiar a combustibles fósiles de más bajo nivel de emisiones de carbono (por ejemplo, de carbón a gas) Cambiar a fuentes renovables (solar, eólica, mareal, hidrógeno)
	Transmisión y distribución de electricidad, y distribución de calor		Reducir pérdidas de transmisión y distribución de electricidad Reducir pérdidas de distribución de vapor Reducir fuga de hidrocarburo perfluorado y SF ₆ desde equipo de transmisión y distribución eléctrica
	Industria del petróleo y el gas natural	Mejoras a la eficiencia en refinerías de petróleo, e instalaciones de procesamiento de natural gas	Reducir emisiones fugitivas provenientes de la producción de petróleo y gas mediante combustión en antorcha CH ₄ en vez de ventilación, y/o recolección y utilización en vez de ventilación y combustión en antorcha Reducir emisiones fugitivas de CH ₄ desde sistemas de transporte y distribución de natural gas
	Industria del carbón	Mejoras a la eficiencia en instalaciones de procesamiento de carbón	Reducir emisiones fugitivas de extracción de carbón mediante recolección y utilización de CH ₄
	Biocombustibles ² (por ejemplo, producción de carbón vegetal, etanol, biodiesel y turba; digestión anaeróbica de residuos orgánicos)	Mejoras a la eficiencia en la elaboración de carbón vegetal y la producción de etanol	Reducir la fuga de CH ₄ desde digestores anaeróbicos
Demanda de energía	Producción Industrial	Uso de equipo eléctrico de utilización final eficiente Recuperación de calor y energía	

Subsector Primario	Subsector secundario	Medidas de mitigación	
		Mejorar la eficiencia del uso de la energía	Reducir las emisiones por unidad de energía
	Transporte: Tráfico vial	<p>Vehículos de más alta eficiencia, incluidos los híbridos, vehículos diesel más limpios, y vehículos con un diseño estructural mejorado</p> <p>Mejor mantenimiento de vehículos</p> <p>Cambio en los modos de transporte, de vial a sistemas de transporte ferroviario y público, y a transporte no motorizado (bicicleta y peatonal)</p> <p>Planificación del transporte y el uso de la tierra</p>	Utilizar biocombustibles
	Edificios (Comerciales, institucionales y residenciales)	<p>Luz de día e iluminación eficiente</p> <p>Aparatos eléctricos y a gas más eficientes, y dispositivos de calefacción y ventilación</p> <p>Mejores cocinas</p> <p>Mejor aislamiento y sellado del aire</p> <p>Mejor diseño y emplazamiento de los edificios</p>	<p>Cambiar a energía renovable para sistemas de calefacción y enfriamiento de espacios y para calentamiento de agua (solar pasivo y activo, geotérmico), aspectos de</p> <p>diseño, Instalación de HVAC (Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado)</p>

Fuente: Elaboración por los autores

>>> *Seleccionar el enfoque analítico*

Los enfoques analíticos recomendados para la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento de opciones de mitigación en energía van desde simples modelos de hoja de cálculo que miembros del equipo de proyecto pueden elaborar, a modelos energéticos bien establecidos que ya se encuentran en uso en el país. Es importante enfatizar que dado el marco de tiempo y los recursos del proyecto, no es posible formar capacidades adicionales para la adquisición, incorporación y estimación del modelo. Por este motivo, el uso de sofisticados modelos energético-económicos o de energía sólo se recomienda cuando éstos ya se conocen y se emplean de manera habitual y local para análisis del sector (por ejemplo, por expertos en energía o en el contexto de la elaboración de Comunicaciones Nacionales). También se puede emplear una combinación de enfoques si es conveniente, por ejemplo, un modelo energético-económico complementado con análisis de hoja de cálculo.

Muchos modelos energéticos que se han utilizado ampliamente en evaluaciones de mitigación nacionales y globales para el sector de la energía, también se podrían emplear para una evaluación de flujos de inversión y de financiamiento. A estos modelos a menudo se les denomina modelos “descendentes” o “ascendentes”, dependiendo de cómo tratan los combustibles, tecnologías, y mercados energéticos, y el resto de la economía⁶. También se utilizan enfoques híbridos, que emplean tanto enfoques “descendentes” como “ascendentes”. Para las evaluaciones de flujos de inversión y de financiamiento se recomiendan enfoques ascendentes, debido a su enfoque desagregado y su énfasis en combustibles, tecnologías y mercados energéticos, en vez del comportamiento de toda la economía, así como su gran transparencia en comparación con modelos descendentes. Consulte el Cuadro I al final de este capítulo para obtener más detalles acerca de los modelos pertinentes y otras herramientas empleadas para el análisis del sector de la energía.

Si un modelo energético no es adecuado, se puede emplear un plan por sector o una proyección de tendencias como base para el análisis. Los ministerios de energía, los organismos fiscalizadores, o las compañías de electricidad pueden tener planes de expansión o desarrollo para parte (por ejemplo, suministro de electricidad) o todo el sistema de suministro energético. Tales planes se basarían en proyecciones de demanda energética en sectores relevantes de utilización final.

Es importante observar que sin importar el enfoque analítico seleccionado (hoja de cálculo ad hoc, o modelo existente o proyecciones de tendencia por sector) una estimación del suministro y la demanda energética para el horizonte de la evaluación de flujos de inversión y de

⁶ Consulte, por ejemplo: CMNUCC, 2008, *UNFCCC Resource Guide for Preparing the National Communications of Non-Annex I Parties* [Guía práctica de la CMNUCC para Preparar las Comunicaciones Nacionales de Partes no incluidas en el Anexo I], Módulo 4 Medidas para mitigar el cambio climático, Bonn, Alemania, 32 pp. Disponible en: http://unfccc.int/essential_background/background_publications_htmlpdf/items/2625.php

financiamiento será un elemento central e inevitable para una posterior construcción de escenario.

Paso 2: Recopilar datos históricos de flujos de inversión, flujos financieros, y datos de costos de operación y mantenimiento, datos de costo de subsidio (si se incluyen explícitamente), y otros datos de entrada para escenarios

>>> Recopilar datos históricos anuales de flujos de inversión y flujos de financiamiento, desagregados por fuente y entidad de inversión

La metodología recomienda que los países recopilen 10 años de datos históricos de flujos de inversión y de financiamiento, es decir, para el año de base y los nueve años anteriores. Como mínimo, los países deben recolectar al menos tres años de datos (es decir, para el año de base y dos años durante la década previa). Se deben recolectar datos para cada tipo de inversión (es decir, tecnologías pertinentes que participan en las condiciones actuales y dentro de las opciones de mitigación, por ejemplo, centrales térmicas, plantas de energía renovable, etc.) y flujos financieros (es decir, todos los gastos que no implican bienes duraderos, tales como gastos asociados con campañas de información u otros programas públicos). Los datos deben ser anuales, desagregados por entidad de inversión y, dentro de lo posible, por fuente de financiamiento, y también divididos en flujos de inversión y flujos financieros (consulte la Tabla 2-3 del Capítulo II).

Las definiciones de tipos de inversión, especialmente a qué se restringen, dependerá de las circunstancias nacionales, el alcance por sector y el nivel de detalle del enfoque analítico (por ejemplo, un tipo de central térmica, o varias, diferenciadas por combustible).

Los datos de flujos de inversión y de financiamiento pueden residir en uno o más de varios lugares (por ejemplo, cuentas nacionales, comisiones de planificación nacional y planes y registros ministeriales, registros de industria, institutos de estadística, compañías eléctricas, instituciones de investigación). Observe que las definiciones y desagregaciones por sector y subsector variarán entre fuentes de datos, de modo que se deberán realizar suposiciones para hacer calzar conjuntos de datos y extraer los datos necesarios desde las categorías agregadas. Por ejemplo, el Sistema de Cuentas Nacionales de Naciones Unidas utiliza el sistema de clasificación CIIU (ISIC, por sus siglas en inglés) en el cual las actividades de suministro de energía se dispersan entre cuatro secciones separadas (el nivel de clasificación más alto o más agregado).⁷ También, incluso en el nivel más desagregado en el sistema CIIU, se combinan múltiples actividades energéticas, de modo que la información de inversión para cada actividad no se puede separar sin realizar algunas suposiciones y/o emplear información complementaria.

⁷ ISIC (la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas) es un sistema de las Naciones Unidas para clasificar datos económicos. La versión más reciente (ISIC Rev.4) disponible en: <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?CI=27>

Se recomienda que se escojan fuentes locales de datos por sector al nivel más desagregado (por ejemplo, desde ministerios de energía o infraestructura) o datos de Comunicaciones Nacionales en vez de fuentes de cuentas nacionales (agregadas).

>>> Recopilar datos históricos anuales de costos de operación y mantenimiento, desagregados por entidad de inversión y fuente

También se necesitan datos históricos de operación y mantenimiento para ofrecer una base histórica desde donde calcular futuros costos de operación y mantenimiento para nuevos activos físicos, así como para proporcionar datos para el primer año de los escenarios. Se deberían recolectar (o calcular) los costos anuales de operación y mantenimiento para los activos físicos que se encuentran en funcionamiento durante el período histórico para los mismos años para los cuales se recopilan datos históricos de flujos de inversión y de financiamiento. También se debe recopilar información acerca de las vidas útiles esperadas de los activos en funcionamiento durante el período histórico, y fluctuaciones anuales en los costos de operación y mantenimiento (si los hay). Los datos de operación y mantenimiento se deben recolectar a un nivel de desagregación coherente con los datos de flujos de inversión y de financiamiento, y los datos de operación y mantenimiento para activos adquiridos *durante* el período histórico se deben controlar por separado de los datos de operación y mantenimiento para activos adquiridos *antes* del período histórico (consulte la Tabla 2-4 del Capítulo II).

Los datos de operación y mantenimiento que se deben recopilar pueden encontrarse en una o más de las locaciones de datos de flujos de inversión y de financiamiento (por ejemplo, cuentas nacionales, planes y registros ministeriales, registros de industria, institutos de estadística, compañías eléctricas, instituciones de investigación). Si tales datos no se encuentran disponibles, los países deben utilizar uno de los enfoques de estimación descritos en el Capítulo II (extrapolación, utilización de fuentes internacionales y modelos de cálculo de costos, etc.).

Finalmente, será importante que los expertos en energía incluidos en el equipo proporcionen información general sobre las principales políticas macroeconómicas y sectoriales (tanto recientes como esperadas) que pudieran afectar significativamente las proyecciones de suministro y demanda de energía, y los costos de energía.

>>> Recopilar datos históricos anuales sobre el costo del subsidio, si los subsidios se encuentran incluidos explícitamente en la evaluación

Existen diversos tipos de subsidios para energía, que incluyen transferencias financieras directas (por ejemplo, subvenciones y préstamos de bajo interés a productores), tratamiento tributario preferencial, restricciones comerciales, inversión directa en infraestructura para energía, garantías a demanda y tasas de utilización autorizadas, controles de precio, restricciones al acceso al mercado, y controles al acceso a los recursos. Si un país decide incluir subsidios explícitamente en la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento, se deben recopilar (o estimar) los costos anuales de los subsidios para cada tipo de inversión durante el

período histórico para los mismos años para los cuales se recopilan datos históricos de flujos de inversión y de financiamiento. Los subsidios se deben recopilar por separado para flujos de inversión, flujos de financiamiento, y operación y mantenimiento (consulte la Tabla 2-5 del Capítulo II).

La información sobre subsidios puede encontrarse disponible en ministerios u organismos de gobierno pertinentes, institutos de estadística, organizaciones de investigación, instituciones académicas, y entidades del sector privado.

>>> Recopilar otros datos de entrada para escenarios

Además de los datos históricos de costos de operación y mantenimiento y flujos de inversión y de financiamiento, la caracterización de los escenarios y la estimación de costos anuales para los escenarios exigirá la recolección de otros datos históricos, actuales y proyectados/estimados relevantes para el sector. Los datos necesarios dependerán del enfoque analítico escogido, el alcance por sector, y las necesidades de modelamiento si se emplea un modelo. Los tipos de información que probablemente se necesiten incluirán un subconjunto de lo siguiente (dependiendo de los subsectores incluidos en la evaluación, y cómo están definidos):

Si se incluye el principal subsector de la energía:

- Descripción del principal suministro de energía (contribución de combustibles fósiles, nucleares, y energías renovables), incluida la producción doméstica, importaciones, y exportaciones, así como proyecciones durante el período de evaluación, y especialmente para las energías renovables, una evaluación del potencial de crecimiento del suministro.

Si se incluye el subsector(es) de generación/distribución de electricidad:

- Inventario y descripción de instalaciones para generación de calor y energía, que incluye información sobre los costos de operación y características de rendimiento (por ejemplo, requerimientos, eficiencia del combustible), y programa de retiro (o vida útil esperada para cada tipo de inversión considerado), y aumentos y mejoras de la capacidad planeada durante el período de evaluación.
- Inventario y descripción de instalaciones de conversión de energía
- Inventario y descripción de infraestructura de transmisión/distribución de electricidad y calor
- Descripción de tecnologías alternativas de generación de electricidad y calor de alta eficiencia y/o bajo nivel de emisiones de carbono, incluida información sobre costos de operación y características de rendimiento
- Descripción de otras medidas de mitigación de suministro de energía (por ejemplo, medidas para reducir pérdidas de transmisión y distribución de electricidad), que incluya información sobre costos de operación y características de rendimiento

Si se incluyen los subsectores de utilización final de energía:

- Descripción de demanda de utilización final de energía por tipo de portador de energía/combustible y por sector de usuario final, que incluya información sobre factores impulsores de crecimiento (por ejemplo, cambio demográfico y desarrollo urbano), pronósticos de demanda interna, y para aquellos países que cuentan con importantes industrias de exportación para combustibles fósiles, productos refinados, o electricidad, pronósticos de demanda de países vecinos o mercados internacionales.
- Descripción de tecnologías alternativas de utilización final de más alta eficiencia y/o de bajo nivel de emisiones de carbono (por ejemplo, vehículos de pasajeros más eficientes, motores industriales más eficientes, calentadores solares de agua pasivos y activos, cocinas más eficientes), y de infraestructura de utilización final más eficiente (por ejemplo, transporte público, mejor diseño de edificios) incluida información sobre costos de operación y características de rendimiento.

Paso 3: Definir el escenario de línea de base

Este paso implica describir cada subsector seleccionado de suministro de energía y/o utilización final de energía durante el período de evaluación, suponiendo que no se pongan en práctica nuevas políticas para hacer frente al cambio climático. Debe reflejar las condiciones macroeconómicas actuales, los planes nacionales y por sector, las tendencias socioeconómicas esperadas, y las inversiones esperadas en los subsectores. El escenario de línea de base se puede basar en un modelo, un plan por sector, una proyección de tendencias, o una combinación. Además de información específica sobre cómo se espera que evolucionen, tanto el suministro como la demanda de energía, durante el período de evaluación, la descripción del escenario de línea de base debe incluir información específica sobre las inversiones en instalaciones e infraestructura que se esperan en cada subsector (por ejemplo, el calendario y la envergadura de los aumentos de capacidad en el sector de la energía, para cada tipo de inversión seleccionado), así como inversiones programáticas (por ejemplo, calendario, la naturaleza, y la envergadura de un programa de desarrollo e investigación sobre energía).

Paso 4: Calcular los flujos de inversión, flujos de financiamiento, y costos de operación y mantenimiento anuales, y los costos de subsidio si se incluyen explícitamente, para escenario de línea de base

>>> Calcular flujos de inversión y flujos de financiamiento anuales para cada tipo de inversión, desagregados por entidad de inversión y fuente de financiamiento

En este Paso se calculan los flujos de inversión anuales para las inversiones en infraestructura e instalaciones del escenario de línea de base, y flujos de financiamiento anuales para las inversiones programáticas del escenario de línea de base, para cada subsector. Tal como se analizó en el Capítulo II, los costos deben ser en términos reales (es decir, ajustados a la inflación), idealmente en dólares constantes de 2005, se deben informar en el año en que se espera que se incurran, y se deben descontar utilizando tasas de descuento públicas y privadas adecuadas. Las estimaciones de flujos de inversión y flujos de financiamiento anuales para cada tipo de inversión se deben desagregar por entidad de inversión y fuente de financiamiento, y también se deben dividir en flujos de inversión y flujos de financiamiento. Las fuentes de datos pueden incluir el resultado de modelo, y/o documentos de planificación del gobierno o del sector privado, o estimaciones derivadas de datos históricos.

El resultado de este Paso será una corriente de flujos de inversión y/o flujos de financiamiento anuales para cada tipo de inversión en cada subsector para todo el período de evaluación, por entidad de inversión y fuente de financiamiento. Estos datos se deben organizar según la Tabla 2-3, del Capítulo II.

>>> Calcular los costos de operación y mantenimiento anuales para cada flujo de inversión, desagregados por entidad de inversión y fuente de financiamiento

Es necesario recopilar (o derivar) para cada subsector seleccionado, estimaciones anuales de costos de operación y mantenimiento para activos (tipos de inversión) adquiridos durante el período de evaluación, y para activos adquiridos antes del período de evaluación y que se espera que todavía se encuentren en funcionamiento. Los costos deben ser en términos reales, idealmente en dólares constantes de 2005, informados en el año en que se espera que se incurran, y se deben descontar. Las estimaciones anuales de operación y mantenimiento para cada tipo de inversión se deben desagregar por entidad de inversión y fuente de financiamiento (como en la Tabla 2-4 del Capítulo II), y también se deben dividir en operación y mantenimiento para activos adquiridos durante el período de evaluación, y para activos adquiridos antes del período de evaluación. Para aquellos activos adquiridos durante el período de evaluación que se espera que todavía se encuentren en funcionamiento después del último año del período de evaluación, se deben calcular los costos anuales de operación y mantenimiento para cada año adicional que los activos se encuentren en funcionamiento, hasta cinco años más, después del fin del período de evaluación. Algunas posibles fuentes de datos son aquellas descritas anteriormente para flujos de inversión y flujos de financiamiento, especialmente fuentes locales (proyecciones y planes por sector, comunicaciones nacionales, y finalmente cuentas nacionales) y fuentes internacionales (herramientas y datos de cálculo de costos).

>>> Calcular los costos de subsidio anual para cada tipo de inversión y para flujos de inversión, flujos de financiamiento, y costos de operación y mantenimiento, si los subsidios se incluyen explícitamente en la evaluación

Si un país decide incluir subsidios explícitamente en la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento, se deben calcular los costos anuales de subsidio para cada tipo de inversión pertinente, y para todas las categorías de costo (flujos de inversión, flujos de financiamiento, y operación y mantenimiento), en el escenario de línea de base (consulte la sección 2.2.1 del Capítulo II).

Paso 5: Definir el escenario de mitigación

Este Paso implica desarrollar una descripción de lo que es probable que ocurra en cada subsector seleccionado de suministro de energía y utilización final de energía, durante el período de evaluación, si se ponen en práctica esfuerzos de mitigación para hacer frente al cambio climático. Esto incluiría descripciones detalladas de las medidas de mitigación específicas que se pondrían en práctica (tipos de tecnología, subsectores que participan en la puesta en práctica, etc.), y las repercusiones de aquellas medidas para la evolución de los subsectores (por ejemplo, una reducción de la capacidad que se necesita en el sector de la energía debido a ahorros en la electricidad en el sector de la industria y la construcción). Es necesario definir las medidas de mitigación de manera clara y completa, de modo que se puedan estimar los costos de operación y mantenimiento y flujos de inversión, flujos de financiamiento, en el siguiente paso. Esto debe incluir información específica sobre inversiones en instalaciones e infraestructura que tendrían lugar en cada subsector (por ejemplo, el cronograma de inversiones y la envergadura de las mejoras en las instalaciones y aumentos de la capacidad en el sector de la energía, por tipo de tecnología; el cronograma de inversiones, cantidad, y características de vehículos de pasajeros de más alta eficiencia en funcionamiento), así como inversiones programáticas (por ejemplo, el cronograma de inversiones, naturaleza, y envergadura de un programa de investigación y desarrollo de energías renovables). Un modelo, un plan por sector ajustado, una proyección de tendencias, o una combinación se puede emplear como base de la proyección. En este paso se deben emplear trabajos anteriores sobre cambio climático (por ejemplo, Comunicaciones Nacionales, Evaluaciones de necesidades en materia de tecnología, evaluaciones de mitigación de GEI).

Para determinar y definir el conjunto de medidas de mitigación que se pondrían en práctica, se debería reevaluar el conjunto preliminar de las medidas de mitigación que se identificaron en el paso 1, dado el enfoque analítico escogido en el paso 1, los otros datos de entrada recopilados en el paso 2, y el análisis de línea de base completado en el paso 3. El equipo también contaría con la priorización previa de opciones de mitigación del paso 1, que se reevaluará posteriormente en el paso 8.

Como parte de la reevaluación y priorización inicial de medidas de mitigación, los países deberían evaluar cualitativamente los beneficios relacionados y no relacionados con GEI, así

como los potenciales costos no relacionados con la inversión (efectos indirectos negativos), de las medidas de mitigación. Los beneficios no relacionados con GEI podrían ser los siguientes:

- Ingresos por ventas: Las inversiones en instalaciones de suministro de energía, y en instalaciones de utilización final e infraestructura que producen bienes y servicios (por ejemplo, sistemas de transporte público), acumularán ingresos por ventas, que pueden compensar significativamente (o incluso más) la inversión y los costos de operación.
- Seguridad energética: Medidas de mitigación que mejoran los suministros internos de energía (por ejemplo, desarrollo de tecnologías de energías renovables) pueden aumentar la seguridad energética nacional.
- Menos contaminantes atmosféricos: Cambiarse a combustibles fósiles con menos contenido de carbono, o a energías renovables o energía nuclear, y utilizar la energía fósil más eficientemente, puede reducir significativamente los contaminantes atmosféricos, con los consiguientes beneficios tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

Entre los efectos indirectos negativos se encontrarían los siguientes:

- Daños provenientes del desarrollo de energía hidráulica: Los proyectos de energía hidráulica pueden perturbar las diversas etapas de los ecosistemas desde sus instalaciones, y el relleno de embalses puede desplazar los asentamientos.
- Más competencia para recursos: El aumento de suministro de biocombustible proveniente de la madera y la agricultura puede aumentar la demanda de tierras productivas, y agravar las limitaciones de disponibilidad de las superficies existentes. Las centrales térmicas de generación de electricidad y calor (los cuales requieren significativas cantidades de agua para el enfriamiento) y las instalaciones hidroeléctricas pueden reducir el suministro de agua.
- Fuga de emisiones: Cambiarse a un combustible fósil de bajo nivel de emisiones de carbono para combustión (por ejemplo, de carbón a gas) puede provocar involuntariamente más emisiones fugitivas dependiendo de las características del combustible, y operaciones de producción y transporte de combustible. Las reservas de energía hidráulica pueden provocar más emisiones de CH₄ debido a la descomposición anaeróbica de material orgánico en aguas de crecidas.

Se recomienda que los resultados de estas evaluaciones cualitativas (cuando sea relevante) se incluyan y analicen en “cuadros” o secciones específicas en el capítulo sectorial del informe de flujos de inversión y de financiamiento.

Paso 6: Calcular flujos de inversión, flujos de financiamiento, y costos de operación y mantenimiento anuales, y costos de subsidio si se incluyen explícitamente, para escenario de mitigación

>>> Calcular los flujos de inversión y flujos de financiamiento anual para cada tipo de inversión, desagregados por entidad de inversión y fuente de financiamiento

En este paso, se calculan los flujos de inversión anuales para las inversiones en instalaciones e infraestructura del escenario de mitigación y los flujos de financiamiento anuales para las inversiones programáticas del escenario de mitigación, para cada subsector. Tal como se analiza en el Capítulo II, los costos deben ser en términos reales (es decir, ajustados a la inflación), idealmente en dólares constantes de 2005, se deben informar en el año en que se espera que se incurran, y se deben descontar empleando tasas de descuento públicas y privadas adecuadas. Los cálculos de flujos de inversión y flujos de financiamiento para cada tipo de inversión se deben desagregar por entidad de inversión y fuente de financiamiento, y también se debe dividir en flujos de inversión y flujos de financiamiento. Las fuentes de datos pueden incluir resultado de modelo, y/o documentos de planificación del sector privado y el gobierno, o se pueden derivar cálculos de los datos históricos.

El resultado de este Paso será una corriente de flujos de inversión y/o flujos de financiamiento anuales para cada tipo de inversión en cada subsector para todo el período de evaluación, por entidad de inversión y fuente de financiamiento. Estos datos se deben organizar según la Tabla 2-3, del Capítulo II.

>>> Calcular los costos de operación y mantenimiento anuales para cada flujo de inversión, desagregados por entidad de inversión y fuente de financiamiento

Para cada subsector se deben recopilar (o derivar) los cálculos anuales de costos de operación y mantenimiento para activos adquiridos durante el período de evaluación, y para activos adquiridos antes del período de evaluación y que se espera que todavía se encuentren en funcionamiento. Los costos deben ser en términos reales, idealmente en dólares constantes de 2005, se deben informar en el año en que se espera que se incurran, y se deben descontar. Los cálculos de operación y mantenimiento anual para cada tipo de inversión se deben desagregar por entidad de inversión y fuente de financiamiento (como en la Tabla 2-4 del Capítulo II), y también se debe dividir en operación y mantenimiento para activos adquiridos durante el período de evaluación, y para activos adquiridos antes del período de evaluación. Para aquellos activos adquiridos durante el período de evaluación que se espera que todavía se encuentren en funcionamiento después del último año del período de evaluación, se deben calcular los costos anuales de operación y mantenimiento para cada año adicional que los activos se encuentren en funcionamiento, hasta cinco años más después del último año del período de evaluación. Algunas posibles fuentes de datos son aquellas descritas anteriormente para flujos de inversión y flujos de financiamiento.

>>> Calcular los costos de subsidio anuales para cada tipo de inversión relevante y para flujos de inversión, flujos de financiamiento, y costos de operación y mantenimiento, si los subsidios se incluyen explícitamente en la evaluación

Si un país decide incluir subsidios explícitamente en la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento, se deben calcular los costos anuales de subsidio para cada tipo de inversión pertinente, y para todas las categorías de costo (flujos de inversión, flujos de financiamiento, y operación y mantenimiento), en el escenario de línea de base (consulte la sección 2.2.1 del Capítulo II).

Paso 7: Calcular los cambios en flujos de inversión, flujos de financiamiento, y costos de operación y mantenimiento, y en costos de subsidio si se incluyen explícitamente, necesarios para llevar a cabo la mitigación

Los cambios en los costos de operación y mantenimiento, los flujos de inversión, y los flujos de financiamiento que se necesitan para poner en práctica las medidas de mitigación en cada subsector se calculan en este Paso restando los costos de escenario de línea de base de los costos de escenario de mitigación. Existen dos objetivos principales de este Paso: 1) determinar cómo cambiarían los flujos de inversión, los flujos de financiamiento, y los costos de operación y mantenimiento acumulativos; y 2) determinar cómo cambiarían los flujos de inversión, los flujos de financiamiento, y los costos de operación y mantenimiento anuales. Estos cálculos, que se deben completar para cada subsector, se describen en detalle en el Capítulo II.

Paso 8: Evaluar las repercusiones en materia de políticas

El objetivo de este Paso es evaluar las repercusiones en materia de políticas de los resultados del paso anterior para el sector. Los análisis del Paso anterior calculan la envergadura y el cronograma de inversiones de los cambios en flujos de inversión, flujos de financiamiento, y operación y mantenimiento por cada entidad de inversión y desde cada fuente de financiamiento que se necesitarían para poner en práctica las medidas de mitigación en cada subsector.

Se recomienda que los países, en primer lugar, reevalúen su priorización inicial de las medidas de mitigación que se realizó en el Paso 5, basándose en los cálculos de costo adicional, y determinen qué entidades de inversión son responsables de los cambios más significativos (prioridad mayor y/o más alta) en flujos de inversión y de financiamiento, y las fuentes predominantes de sus fondos. A continuación, se deben evaluar las medidas de políticas que se puedan utilizar para estimular a aquellas entidades a poner en práctica las medidas propuestas y cambiar sus patrones de inversión, y las fuentes adicionales de fondos que se puedan utilizar para cumplir con nuevas necesidades de inversión. Será particularmente importante distinguir entre fuentes de financiamiento públicas y privadas, así como entre fuentes internas y extranjeras. Las medidas de políticas incluyen una variedad de instrumentos, entre ellos instrumentos económicos (por ejemplo, impuestos), instrumentos reguladores (por ejemplo, una norma relativa a los combustibles), acuerdos voluntarios, difusión de información y

planificación estratégica, e investigación, desarrollo, y demostración (IDyD) (consulte la Tabla 3-4).

Tabla 3-4: Potenciales opciones de políticas para fomentar las inversiones en mitigación de GEI en el sector de la energía

Opciones de políticas	Instrumentos económicos	Instrumentos reglamentarios	Procesos de políticas		
			Acuerdos voluntarios	Difusión de información y planificación estratégica	IDyD tecnológico y distribución
Eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> - Impuestos a la energía más altos - Subsidios a la energía más bajos - Incentivos fiscales - Permisos negociables de emisión 	<ul style="list-style-type: none"> - Estándar de eficiencia mínima de central eléctrica - Prescripciones de las mejores tecnologías disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromisos voluntarios para mejorar la eficiencia de la central eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Campañas de información y educación 	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de energía más limpia a partir de combustibles fósiles
Cambio de la fuente de energía	<ul style="list-style-type: none"> - Impuestos a los GEI - Permisos negociables de emisión - Incentivos fiscales 	<ul style="list-style-type: none"> - Norma relativa a los combustibles de central eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromisos voluntarios para cambios en las normas de combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Campañas de información y educación 	<ul style="list-style-type: none"> - Más generación de energía a partir de energías renovables, energía nuclear e hidrógeno como portador de energía
Energía renovable	<ul style="list-style-type: none"> - Subvenciones de capital - Precio de la compra de electricidad de fuentes renovables - Obligación de cuota y comercio de permisos - Impuestos a los GEI - Permisos negociables de emisión 	<ul style="list-style-type: none"> - Objetivos - Tarifas de transmisión y acceso de transmisión de respaldo 	<ul style="list-style-type: none"> - Acuerdos voluntarios para instalar capacidad de energía renovable 	<ul style="list-style-type: none"> - Campañas de información y educación - Validación de electricidad verde 	<ul style="list-style-type: none"> - Más generación de energía desde fuentes de energía renovable
Captación y almacenamiento de carbono	<ul style="list-style-type: none"> - Impuestos a los GEI - Permisos negociables de emisión 	<ul style="list-style-type: none"> - Restricciones de emisiones para los principales emisores de fuente puntual 	<ul style="list-style-type: none"> - Acuerdos voluntarios para desarrollar y utilizar captación y almacenamiento de dióxido de carbono 	<ul style="list-style-type: none"> - Campañas de información 	<ul style="list-style-type: none"> - Secuestro químico y biológico - Secuestro en formaciones geológicas subterráneas

Fuente: IPCC, 2007, Cambio climático 2007: Mitigación. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EE.UU., 851 pgs. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Cuadro 1 – Modelos y otras herramientas analíticas para el sector de la energía

ENPEP-BALANCE: el ENPEP (*ENergy and Power Evaluation Program*) [Programa de Evaluación de Energía y Electricidad] comprende un conjunto de módulos de análisis energético, ambiental y económico desarrollados por *Argonne National Laboratory* (ANL) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en colaboración con otras organizaciones.⁸ ENPEP-BALANCE, la versión en Windows de ENPEP desarrollada por ANL, se puede emplear para evaluar todo el sistema de energía (tanto suministro como demanda), y las repercusiones ambientales de diferentes estrategias energéticas.⁹ Se ha empleado en diversos países en desarrollo para el análisis de mitigación de GEI en el sector de la energía. Utiliza un método de simulación de mercado para determinar la respuesta de diversos segmentos del sistema de energía a cambios en los precios de la energía y los niveles de demanda. El modelo cuenta con un proceso descentralizado de toma de decisiones en el sector de la energía y se puede graduar de acuerdo a las distintas preferencias de los proveedores y usuarios de energía. Entre los parámetros básicos de entrada se encuentra información sobre la estructura del sistema de energía; estadísticas energéticas del año de base, entre ellos niveles de producción y consumo, y precios; el crecimiento proyectado de la demanda energética; y toda limitación técnica y de políticas. Simultáneamente con los cálculos de energía, el modelo calcula los residuos ambientales asociados con una determinada configuración del sistema de energía (por ejemplo, emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos de criterio estándar).

Sitio web: <http://www.dis.anl.gov/groups/ceeesa.html>

MARKAL & TIMES: MARKAL (*Market Allocation*) [Asignación de mercado] es un modelo energético/económico/ambiental con gran aplicación de tecnología. Se desarrolló dentro de un esfuerzo de colaboración, bajo los auspicios del *Energy Technology Systems Analysis Programme* (ETSAP) de la Agencia Internacional de Energía (AIE). MARKAL es un modelo genérico adaptado por los datos de entrada para representar la evolución durante un período de normalmente 20 a 50 años de un sistema energético-ambiental específico a nivel nacional, regional, estatal, provincial o de comuna. El sistema se representa como una red, representando todos los flujos posibles de energía desde la extracción de recursos, pasando por los dispositivos de transformación y utilización final de energía, hasta la demanda de servicios de energía útiles. Cada eslabón de la red se caracteriza mediante un conjunto de coeficientes técnicos (por ejemplo, capacidad, eficiencia), coeficientes de emisión ambiental (por ejemplo, CO₂, SO_x, NO_x), y coeficientes económicos (por ejemplo, costos de capital, fecha de comercialización). Muchas de aquellas redes de energía o *Reference Energy Systems* (RES) son factibles para cada período de tiempo. MARKAL encuentra el mejor RES para cada período de tiempo, seleccionando el conjunto de opciones que reduce al mínimo el costo total de sistema durante todo el horizonte de planificación. TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM System*) es la versión de la próxima generación de MARKAL. Se basa en MARKAL y EFOM (*Energy Flow Optimization Model*), representando tanto las tecnologías (MARKAL) como los flujos de materias primas [*commodities*] (EFOM) y amplía sus capacidades, mejorando notablemente la contabilidad de los costos del sistema y permitiendo una descripción más flexible de los procesos, limitaciones, y horizontes de tiempo. El uso de MARKAL requiere diversos elementos de software: MARKAL mismo, una interfaz de usuario (existen dos

⁸ Tanto ANL como IAEA ofrecen capacitación acerca de ENPEP, así como acerca del uso de otros modelos del sector de la energía. Más información sobre capacitación sobre el modelo de energía se encuentra disponible en el sitio web de ANL que aparece al final de este párrafo; información sobre capacitación de IAEA se puede encontrar en: <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/capacitybuilding.shtml>

⁹ ENPEP consta de aproximadamente 10 módulos (la cantidad, nombres y alcances de los módulos han cambiado durante las últimas décadas a medida que han evolucionado las necesidades analíticas de modelamiento del sector de la energía). Los módulos de ENPEP cuentan con conexiones automatizadas entre sí, de modo que pueden funcionar ya sea de manera individual como modelos autónomos, o como un conjunto de módulos conectados. ENPEP-BALANCE incorpora diferentes módulos de ENPEP para el análisis de todo el sistema de energía, incluidas las consideraciones ambientales. A continuación se analizan módulos individuales de ENPEP que son relevantes para las evaluaciones de flujos de inversión y de financiamiento.

para Windows: ANSWER y VEDA), GAMS (un sistema de modelamiento de alto nivel para problemas de programación matemática), y un solucionador optimizador como MINOS, CPLEX, o OSL.

Existen diversas variaciones de MARKAL, entre las que se encuentran:

- MARKAL-MACRO, que vincula MARKAL con un modelo macroeconómico (MACRO) para facilitar demandas que son endógenas y que responden al precio, y estimaciones del impacto en el PIB y retroinformación.
- MARKAL-Stochastic, que asocia probabilidades con la incidencia de cada escenario, permitiendo determinar estrategias de cobertura que identifican estrategias fuertes más que puramente óptimas.
- Programación de metas en MARKAL, que resuelve MARKAL de acuerdo a las preferencias ponderadas de diversas partes interesadas con respecto a costo versus metas ambientales.

Sitio web: <http://www.etsap.org>

LEAP: LEAP (*Long-Range Energy Alternatives Planning System*) [Sistema de planificación de alternativas energéticas a larga distancia] es una herramienta de modelamiento energético-ambiental basada en el escenario, desarrollada por el *Stockholm Environment Institute*, conocida por su flexibilidad, transparencia, y facilidad de uso. Sus escenarios explican cómo se consume, convierte y produce energía en un sistema de energía determinado dentro de una gama de suposiciones alternativas sobre población, desarrollo económico, tecnología, precio, etc. Es principalmente un sistema de contabilidad, pero los usuarios pueden también construir modelos econométricos y basados en la simulación. El usuario puede mezclar y combinar estas metodologías según sea necesario en un análisis dado. LEAP incluye una *Base de datos tecnológicos y ambientales* incorporada (TED, por sus siglas en inglés) que contiene datos sobre los factores de emisión, costos y desempeño, para más de 1.000 tecnologías energéticas. LEAP se puede emplear para calcular los perfiles de emisiones, y también para crear escenarios de sumideros y emisiones que no provienen del sector de la energía (por ejemplo, desde la producción de cemento, cambio en el uso de la tierra, manejo de desechos sólidos). LEAP está diseñado para trabajar estrechamente con productos de Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), lo que hace más fácil importar, exportar, y vincularse a datos y modelos creados en otras partes.

Sitio web: www.energycommunity.org

MESSAGE: MESSAGE (*Model of Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts*) [Modelo de alternativas para estrategias de suministro de energía y sus impactos ambientales generales] es un modelo que se emplea para formular y evaluar estrategias alternativas de suministro de energía dentro de distintas limitaciones físicas y definidas por el usuario, tales como nuevos límites de inversión, índices de penetración en el mercado para nuevas tecnologías, comercio y disponibilidad de combustible, seguridad del suministro de energía, utilización de los recursos energéticos, y emisiones ambientales. MESSAGE fue desarrollado por IIASA; IAEA ofrece capacitación acerca de MESSAGE. MESSAGE es extremadamente flexible y también se puede emplear para analizar mercados de la energía/electricidad y aspectos del cambio climático (incluye emisiones de GEI). Pertenece a la misma familia de modelos de MARKAL, EFOM, y TIMES, y cuenta con una descripción de alto nivel de tecnología del sistema de energía. Elige el sistema de uso de portador de energía y tecnologías más eficaz en función del costo, para cumplir con las demandas de servicios energéticos específicos. A diferencia de muchos otros modelos de optimización, no requiere adquisiciones de GAMS, o un solucionador comercial. Incluye un solucionador de Programación Lineal (LP, por sus siglas en inglés) gratis. El software puede emplear de manera continua solucionadores programación lineal y programación no lineal (NLP) más poderosos, como el CPLEX, si así se requiere debido a complejidad del problema.

Sitios web: http://www.iiasa.ac.at/collections/IIASA_Research/ECS/docs/modelos.html

y <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/capacitybuilding.shtml>

A3.2 Modelos del subsector de la energía

WASP-IV: WASP (*Wien Automatic System Planning Package*) [Paquete de planificación del sistema automático de Viena] es una herramienta de planificación de sistema de energía desarrollada por el

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y se ha usado ampliamente en países en desarrollo para planificación del sistema de energía. WASP-IV es la versión más reciente de Windows de WASP. IAEA distribuye WASP-IV y *Argonne National Laboratory* (ANL) ofrece el respaldo técnico. Dentro de las limitaciones definidas por el usuario, WASP determina el plan de expansión óptimo a largo plazo para un sistema de generación de energía. Entre las limitaciones se encuentran la disponibilidad limitada de combustible, restricciones de emisión, requisitos de fiabilidad del sistema, y otros factores. La expansión óptima se determina reduciendo al mínimo los costos totales descontados. WASP explora todas las secuencias posibles de adiciones de capacidad que son capaces de satisfacer la demanda al tiempo que cumple con requisitos de fiabilidad del sistema, y explica todos los costos asociados con instalaciones de generación nuevas y existentes, capacidad de reserva, y electricidad no servida. WASP-IV considera plantas de almacenamiento de energía por bombeo; permite especificar un programa de mantenimiento fijo para unidades en el sistema; calcula emisiones atmosféricas; e introduce nuevas limitaciones a las emisiones totales, consumo de combustible, y generación de electricidad.

Sitios web: <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/capacitybuilding.shtml>
y <http://www.dis.anl.gov/groups/ceeesa.html>

MAED: MAED (*Model for Analysis of Energy Demand*) [Modelo para el análisis de demanda energética] es un modelo desarrollado en la IAEA para analizar la futura demanda energética basándose en escenarios de mediano y largo plazo de desarrollo socioeconómico, tecnológico, y demográfico. La demanda energética se desagrega en gran cantidad de categorías de utilización final correspondientes a diferentes bienes y servicios en cuatro sectores principales de demanda: industria, transporte, servicios y hogares. Se calcula la influencia de factores impulsores sociales, económicos y tecnológicos de un determinado escenario. Estos se combinan para ofrecer una imagen general del crecimiento de la demanda energética en el futuro. Basándose en las eficiencias de aparatos de utilización final, se calcula la energía útil y la demanda de energía final. La versión más reciente de MAED (MAED-2) se basa en una hoja de cálculo y ofrece mucha más flexibilidad para definir los patrones de consumo de energía de un país. MAED es distribuido por IAEA; tanto IAEA como ANL ofrecen respaldo técnico para el modelo. La herramienta y el manual se encuentran disponibles en inglés, francés y español.

Sitios web: <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/capacitybuilding.shtml>
y <http://www.dis.anl.gov/groups/ceeesa.html>

RETSscreen: El *RETSscreen International Clean Energy Project Analysis Software* [Software de análisis de proyecto de energía limpia internacional RETScreen] desarrollado por *Natural Resources Canada*, consta de un conjunto de herramientas basadas en hoja de cálculo para evaluar la producción y ahorro de energía, costos, reducciones de emisiones, la viabilidad financiera, y el riesgo de distintos tipos de tecnologías de energía renovable y eficiencia energética (*renewable-energy & energy-efficient technologies*, RET). El software (disponible en varios idiomas) incluye también bases de datos de producto, proyecto, hidrología y clima. La base de dato de producto ofrece información de contacto para fabricantes de tecnología para energías limpias en todo el mundo, y datos de especificaciones y rendimiento de producto para varios de estos fabricantes. El software RETScreen incluye actualmente módulos para evaluación: energía eólica, pequeña central hidroeléctrica, instrumentos fotovoltaicos solares (PV), cogeneración energética, calefacción con biomasa, calefacción solar de aire, calefacción solar de agua, calefacción solar pasiva, bombas de calor geotérmico, y refrigeración.

Sitio web: www.retscreen.net

HOMER: HOMER es una herramienta de modelamiento desarrollada por el *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) para evaluar opciones de diseño tanto para sistemas de energía conectados y no conectados a la red de suministro de electricidad (remoto, autónomo, y generación distribuida). Los algoritmos de análisis de optimización y sensibilidad de HOMER se pueden emplear para evaluar la factibilidad económica y técnica de un gran número de opciones de tecnología y explicar la variación en los costos de tecnología y la disponibilidad de recursos energéticos. HOMER modela una gran variedad de tecnologías de energía renovable y convencional. Algunas de las fuentes de energía que se pueden modelar son las siguientes: instrumentos fotovoltaicos solares (PV), turbinas eólicas, energía hidroeléctrica de agua fluyente, energía de la biomasa, motores diesel y otros motores alternativos,

cogeneración, redes de empresas eléctricas, microturbinas, celdas de combustible, baterías, y electrolizadores. Las opciones de almacenamiento incluyen: bancos de baterías e hidrógeno.
Sitio web: www.nrel.gov/homer

CO2DB: CO2DB es una base de datos que contiene datos detallados acerca de tecnologías de mitigación de carbono. La base de datos contiene actualmente aproximadamente 3.000 tecnologías, que incluyen detalladas características técnicas, económicas, y ambientales, así como datos acerca de innovación, comercialización, y difusión. Los usuarios pueden agregar, seleccionar, filtrar, ordenar y comparar los datos de CO2DB de acuerdo con cualquiera de las características de tecnología incluidas en cada entrada de base de datos. Los usuarios pueden también realizar cálculos de cadena de energía, así como tablas comparativas y gráficos acerca de la tecnología y el nivel de la cadena. IIASA difunde CO2DB sin cargos, de modo que pueda ser útil para los investigadores en sus estudios individuales. A cambio, solicitan que los usuarios compartan los datos que ingresan en la base de datos.
Sitio web: http://www.iiasa.ac.at/collections/IIASA_Research/ECS/docs/test.htm

Energy Costing Tool: La *Energy Costing Tool* [Herramienta de cálculo de costos de energía] fue desarrollada por el PNUD y el Proyecto del Milenio de Naciones Unidas para ayudar a los responsables de la adopción de decisiones y de planificación del gobierno a calcular los montos y los tipos de inversiones en energía necesarios para cumplir con sus Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) adaptados a la realidad nacional para el año 2015. Ofrece una estructura basada en hojas de cálculo y metodología simple que el país puede emplear para desarrollar cálculos aproximados de los costos de cumplir con un conjunto mínimo de necesidades energéticas, basado en aportes de datos proporcionados por el país, como son las tecnologías de fácil acceso y sus costos unitarios. Está diseñado para ayudar a los gobiernos y empresas eléctricas a formular planes a 10 años que incorporen cálculos cuantitativos de los costos y requerimientos de energía asociados con estrategias nacionales para cumplir con los ODM. No evalúa la necesidad o el costo de infraestructura centralizada de gran escala, como es la capacidad de generación eléctrica.
Sitio web: <http://www.undp.org/energy/mdg-serv.htm>